C 4460 E

Populäre Elektronik

7/79 Juli 1979

DM 3,-/sfr 3,50/ lfr 53,-/ ös 25,-

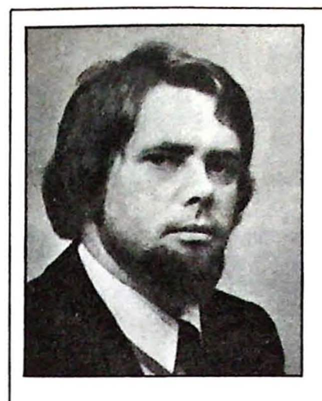
Regler - ICs 78XX, 79XX

Balance/Panorama - Modul

Widerstände allgemein

Junior-Netzgerät





Denn immer wieder geht die Sonne auf

Nein, einen brandaktuellen Anlaß, gerade jetzt ein P.E.-Themenheft über Sonnenenergie zu bringen, gibt es nicht. Außer der Tatsache vielleicht, daß gerade Sommer ist und die Solarzellen jetzt mehr Saft abgeben als sonst. Und Harrisburg als Anlaß?

Harrisburg hat eher - dies ist mein Eindruck - den Befürwortern der Kernenergie Zulauf gebracht. Leute, die vorher eher uninteressiert oder uninformiert waren, wurden aufgerüttelt. Sie setzen sich jetzt für A-Kraftwerke ein, weil sie befürchten, demnächst mit bügelfreiem Hemd und Jeanshose im Wald hausen zu müssen, wenn die Reaktoren abgeschaltet werden.

Trotzdem können Ereignisse wie Harrisburg nicht unmittelbar ein Grund sein, in P.E. das Energieproblem zu diskutieren und einem Beitrag über Solarzellen und -generatoren einen Artikel über den Stand der Technik bei Sonnenkraftwerken und die Energiepreise voranzustellen. Denn z.Zt. ist weder die Energieversorgung für Lötkolben und Schaltungsaufbauten gefährdet, noch können wir Hobbyelektroniker mit selbstgebastelten Sonnenkraftwerken soviel Energie erzeugen, daß im Portemonnai das Licht angeht.

Die Solarzellen-Basteleien, ob sie nun nur einfach Spaß machen, wie der Sonnenradler oder die sich drehende Weltkugel, oder ob sie eine Nutzanwendung haben, wie das Motorrad eines Amerikaners, das mit 40 S-Zellen + Akku betrieben wird, 50 km/h macht, einen Aktionsradius von min. 65 km hat und in Serie gehen soll, alle diese Anwendungen haben unabhängig von Zweck und Nutzen einen wichtigen Aspekt: Sie lenken die Aufmerksamkeit auf „die Energie, die vom Himmel kommt."

Hobbylektroniker können den Informationsstand anderer aktualisieren und Ungläubigen sogar etwas vorführen.

Die Uran-Vorräte sind, wie alle irdischen Rohstoffe, begrenzt, sie lösen das Energieproblem nur vorübergehend, vielleicht für einige Generationen. Wollen wir wirklich hunderten von Generationen die Strahleneier ins Nest legen? Halten wir uns doch gleich an die heiße Lampe da oben, die schon immer eingeschaltet war und noch sein wird, wenn in Gorleben oder anderswo längst der letzte aktive Kern zerfallen ist.

Ihr

Manfred H. Kalsbach

Populäre Elektronik

Jahrgang 4 Heft 7

In dieser Ausgabe

Impressum

Populäre Elektronik erscheint jeweils Mitte des Vormonats im M + P Zeitschriften Verlag GmbH & Co, Steindamm 63, 2000 Hamburg 1
Telefon 040/24 15 51-56

CHEFREDAKTION
Manfred H. Kalsbach

REDAKTION
Leen van Dam, Jan Palmen, Jan Pas, Jos Verstraten

MITARBEITER
Wolfgang Back, Jens Hahlbrock, Albert Hartfiel, Wolfgang F. Jacobi, Friedrich Scheel, Hilaneh von Kories (Bildredaktion), Sabine Spies (Redaktionsassistenz)

VERLAGSLEITUNG
Claus Grötzschel

ANZEIGENLEITUNG
Werner Pannes

ANZEIGENVERWALTUNG
M + P Zeitschriften Verlag
Steindamm 63
2000 Hamburg 1
Telefon 040/ 24 15 51-56
Telex MEPS 21 38 63
Zur Zeit ist die Anzeigenpreisliste Nr. 5 gültig

DRUCK
Locher KG, 5000 Köln 30

REPRODUKTION
Alpha Color GmbH Hamburg

VERTRIEB
IPV Inland Presse-Vertrieb GmbH
Wendenstraße 27-29
2000 Hamburg 1, Telefon 040/ 24 861, Telex 2162401

LAYOUT
Susanne Grocholl
Sabine Schwabroh

ABONNEMENT
Inl. 12 Ausgaben DM 29,80 inkl. Bezugsgebühren, Ausl. DM 34,80. Best. beim Verlag. Kündigung spätestens 8 Wochen vor Ablauf des Abos.

GERICHTSSTAND
Hamburg

AUSLANDSVERTRETUNGEN
Österreich: Messner Ges. mbH, Liebhartsgasse 1, A-1160 Wien, Telefon 0222/92 54 88, 95 12 65
Schweiz: SMS-Elektronik, Köllikerstr. 121, CH-5014 Gretzenbach, Telefon 064/ 41 41 55

Damit könne



Verwenden Sie für den Nachbau Original P.E.-Prints und Original - P.E.-Frontplatten, denn sie erleichtern Ihnen die Arbeit. P.E.-Prints und -Frontplatten sind funktionell und preiswert. Sie erhalten sie in Ihrem Elektronik-Fachgeschäft oder beim Verlag.
P.E.-Prints sind beige-weiß und haben einen roten Bestückungsaufdruck. Frontplatten FP = silber-metallic mit schwarzer Beschriftung, FN = Cockpit-schwarz mit silberf. Beschriftung.

n Sie bauen!

Prints

	Bestell-zeichen	Preis
Ausgabe Nr. 1		
FBI-Sirene	SI-a	4,35
Transitest	TT-a	6,75
Elektro-Toto-Würfel	DS-a	6,60
Ausgabe Nr. 2		
Carbophon	CF-a	6,30
Spannungsquelle	GV-a	11,60
MIKRO-Experimentalprogramm	MI-a	8,50
	MI-b	4,95
Ausgabe Nr. 3		
50-Watt-Modul	PA-a	10,95
Kassette im Auto	KS-a	3,25
Ausgabe Nr. 4		
Codeschloß	ES-a	7,15
LED-VU-Meter	VU-a	9,35
Ausgabe Nr. 5		
Puffi	BU-a	6,40
Minimix	MM-a	12,90
Tremolo-Modul	TR-a	13,85
Ausgabe Nr. 6		
Leslie-Modul	TR-b	6,35
Signal-Tracer	SV-a	13,85
TV-Tonkoppler	TV-a	12,55
Ausgabe Nr. 7		
TTL-Trainer	DT-a	29,00
Basisbreite-Modul	BB-a	9,10
Ausgabe Nr. 8		
Loudness-Filter-Modul	FV-a	9,70
Mini-Uhr m. Maxi-Display	DK-c/d	10,95
Superspannungsquelle	SQ-a	13,10
Ausgabe 1/78		
Sinusgenerator (Modul)	SG-a	14,10
n-Kanal-Lichtorgel		
Basisprint	LO-c	8,30
Kanalprint	LO-d	5,00
Lichtdimmer	LD-a	6,80
Ausgabe 2/78		
Rauschfilter-Modul	RF-a	8,90
Goliath-Display (Anzeige)	UD-a	5,50
(Zählerprint)	UD-b	5,50
Pausenkanal f. n. Kanal-Licht-	LO-e	5,00
Ausgabe 3/78		
Rechteckzusatz zum Sinusgen.	SW-a	7,80
Spannungslupe	SL-a	5,25
Goliath-Stromversorgung	GV-e	13,90
Ausgabe 4/78		
O.P.A.	OP-a	5,35
Logic-Probe	LT-a	5,05
Hall-Modul	RV-a	8,90
Ausgabe 5/78		
Digital-Meter (Modul)	DM-a/b	19,35
Peacemaker	PM-a	5,90
Ausgabe 6/78		
Sensorschalter	TT-b	10,20
L.E.D.S.	LE-a	6,90
Digital-Analog-Timer	UT-a	18,00
Ausgabe 7/78		
Ohm-Meter (Modul)	DM-c	7,85
Würfeln mit Goliath	UD-c	6,10
Elektronisches Tauziehen	EG-a	14,25
Ausgabe 8/78		
H.E.L.P.	UP-a	22,50
Zener-Tester	ZT-a	7,70
INFRAROT-Sender	IR-a	5,90
Empfänger	IR-b	11,80
Ausgabe 9/78		
Syndiatape	SY-a	14,70
Schwesterblitz	FL-a	4,50
Das kontaktlose Relais	RY-a	4,90
Ausgabe 10/78		
Regensonde	RB-a	8,80
Intervallschalter	WA-a	11,10
Akkulader	AK-a	11,10
Ausgabe 12/78		
Power-Blink-Zentrale	KI-a	6,90
Monitor-Verstärker	Op-b	16,90
Anpassungsverstärker	Bu-a	6,40
Netzteil HiFi-Module		
Vorverstärker-Module	Ma-a	8,80
Endverstärker-Module	Ma-b	7,80
Ausgabe 1/79		
Goliath-Digitaluhr	UD-d	12,95
Anti-Lichtorgel	LO-b	6,25
Elektron. Spannungsteiler	OP-c	5,30
Ausgabe 2/79		
DC-Fuse	EF-a	8,25
Mini-Midi	MR-a	7,15
Frequenzzähler '79	FZ-a	23,75
Netzteil zum FZ '79	FZ-b	17,00
Ausgabe 3/79		
ESQ Eichsp.-Quelle	ESQ	12,20
Rumpelfilter-Modul	DF-a	11,75
Goliath's Woche	UD-e	11,50
Ausgabe 4/79		
Puzzle-Verstärker		
Endstufe (1 Kanal)	LV-a	15,90
DUT Durchg.-Tester	DU-a	4,00
Universelle Triac-Steuerung	LD-b	4,95
Ausgabe 5/79		
Mischmodul	MV-b	9,95
Universeller Vorverstärker	MV-a	4,25
Puzzle-Verstärker		
Netzteil (f. 2 Kanäle)	LV-c	9,40
Relais-Pulser	TP-a	6,60

Frontplatten

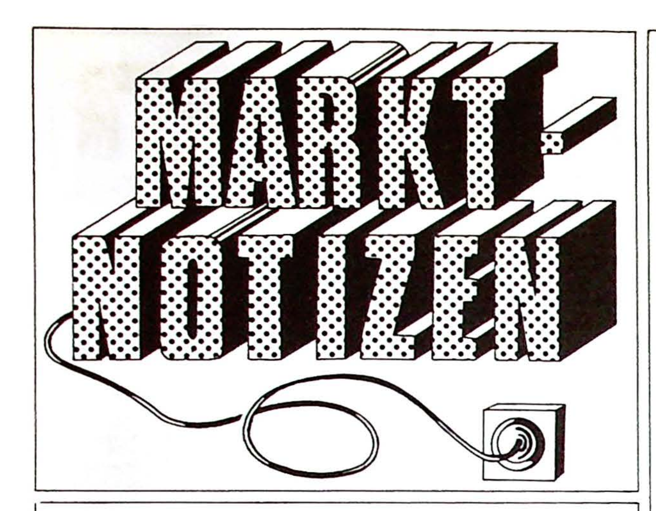
Ausgabe Nr. 3		
50 Watt-Modul	FP-PA-a	11,15
dito, negativ	FN-PA-a	11,15
Ausgabe Nr. 4		
LED-VU-Modul	FP-VU-a	11,65
dito, negativ	FN-VU-a	11,65
Ausgabe Nr. 5		
Tremolo-Modul	FP-TR-a	15,35
dito, negativ	FN-TR-a	15,35
Ausgabe Nr. 6		
Leslie-Modul	FP-TR-b	9,00
dito, negativ	FN-TR-b	9,00
Ausgabe Nr. 7		
Basisbreite-Modul	FP-BB-a	12,85
dito, negativ	FN-BB-a	12,85
Ausgabe Nr. 8		
Loudness-Filter-Modul	FP-FV-a	11,00
dito, negativ	FN-FV-a	11,00
Ausgabe 1/78		
Sinusgen.-Meßmodul	FN-SG-a	17,30
Ausgabe 2/78		
Rauschfilter-Modul	FP-RF-a	11,60
dito, negativ	FN-RF-a	11,60
Ausgabe 3/78		
Rechteckzusatz z. Sinusgen.	FN-SW-a	9,15
Ausgabe 4/78		
Hall-Modul	FP-RV-a	12,85
dito, negativ	FN-RV-a	12,85
Ausgabe 5/78		
Digitalmeter-Meßmodul	FN-DM-a	19,50
Gleichspannungsvorsatz zum Digitalmeter	FN-DM-b	9,15
Ausgabe 7/78		
Ohmmeter-Vorsatz zum DM	FN-DM-c	10,20
Ausgabe 3/79		
Rumpelfilter-Modul	FP-DF-a	12,35
dito, negativ	FN-DF-a	12,35
Ausgabe 5/79		
Mischmodul	FP-MV-a	11,80
dito, negativ	FN-MV-a	11,80

P.E. Print- und Front-Shop

Printvertrieb für die Schweiz:
SMS - Elektronik, Köllikerstr. 121,
CH - 5014, Gretzenbach,
Tel. 064/41 23 61

Lieferung erfolgt nach Einsendung eines
Schecks oder gegen Vorauszahlung
auf Postscheckkonto
Hamburg, 33 22 87 — 208
M + P Zeitschriften Verlag

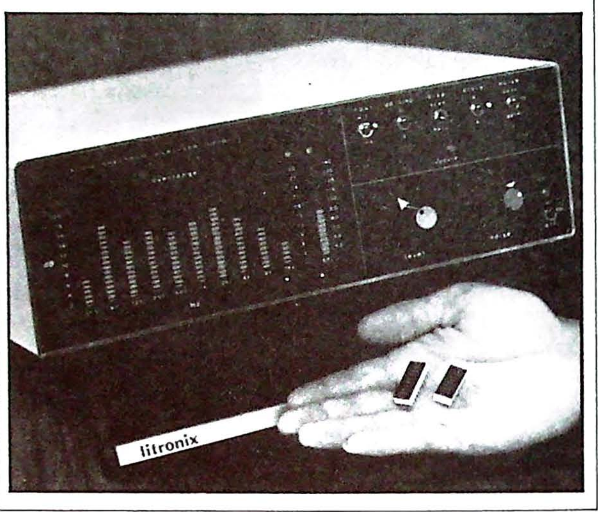
Printvertrieb für Österreich:
Messner & Co., Liebhartsgasse 1,
A - 1160 Wien,
Tel. 0222/92 54 88, 95 12 65



Anreihbare LED-Zeile im DIL-Gehäuse

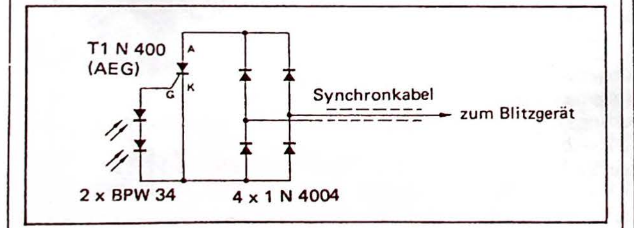
Nicht alle Anzeigen für Meßwerte sind besser in digitaler Form auszuführen. Auf-ab-Trends können wesentlich besser mit Diodenzeilen dargestellt werden, z.B. Positionsbestimmungen, Temperatur- und Füllstandsbewegungen.

Hierfür ist die neue LED-Zeile RBG-1000 von Litronix geeignet. Sie besteht aus einem Dual-In-Line-Gehäuse von 25,4 mm Länge und kann endlos angereiht werden.
Die einzelnen LED-Balken haben elektrisch getrennte Anschlüsse. Die typische Helligkeit beträgt laut Herstellerangaben 5 mcd bei 20 mA pro Einheit.
Die Zeile RBG-1000 gibt es z.Zt. in Rot, alle anderen, üblichen LED-Farben sind in Vorbereitung.
Litronix GmbH, Schönblick 25, 8068 Pfaffenhofen.



Schwesterblitz, optisch ausgelöst

Amateurfotografen mit ernsthaften Ambitionen verwenden zunehmend Zweit- und Drittblitzgeräte, um den Hintergrund aufzuhellen. Die zusätzlichen Lichtquellen werden gleichzeitig mit dem Hauptblitz ausgelöst, oft stört jedoch das Kabel, weil es evtl. im Bild erscheint oder wenn der Anlaß, etwa eine Familienfete, langwierige Aufbauarbeiten nicht ratsam erscheinen läßt.
Jedes Elektronenblitzgerät kann aber auch optisch vom Hauptblitz ausgelöst werden. AEG-Telefunken schlägt dafür die im Bild angegebene Schaltung vor. Als Lichtempfänger dient eine Silizium-Fotodiode BPW 34.
Zwei Fotodioden sind in Reihe geschaltet, sie erzeugen bei der kräftigen Beleuchtung durch den Hauptblitz eine Spannung von ca. 0,6 Volt. Mit dieser Spannung wird der Thyristor Th1 gezündet. Dabei geht die Strecke Anode/Kathode in den Leitzustand, die an den Synchronanschlüssen stehende Spannung des Zweitblitzgerätes wird kurzgeschlossen.
Die Auslösung ist praktisch verzögerungsfrei, weil die Halbleiter sehr schnell reagieren.
Die vier Dioden vom Typ 1 N 4004 bilden eine Brükkenschaltung, sie sorgen immer für die richtige Polarität der Spannung am Thyristor. Dies ist wichtig, weil die Polarität der an den Blitzkontakten liegenden Spannung bei den verschieden Blitzgeräten nicht standardisiert ist.
AEG-Telefunken gibt für diese Schaltung eine maximale Entfernung von 15...20 m an, bei normaler Raumbeleuchtung; bei zunehmender allgemeiner Helligkeit nimmt diese Entfernung ab.
Für die hier verwendete Foto-Pin-Diode BPW 34 werden folgende Eigenschaften angegeben:
extrem kurze Ansprechzeiten
geringe Sperrschichtkapazität
hohe Fotoempfindlichkeit
lichtempfindliche Fläche 7,5 mm^2
Öffnungswinkel 120°
geeignet für den Bereich des sichtbaren Lichtes und des nahen Infrarot.
AEG-Telefunken Serienprodukte, Geschäftsbereich Halbleiter,
Postfach 1109, 7100 Heilbronn.



Aus Optokoppler wurde Halbleiter-Relais

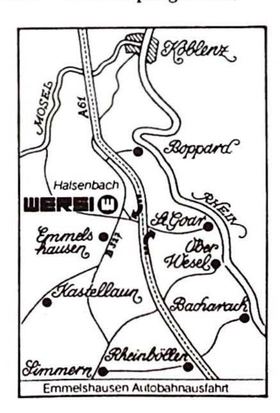
Halbleiter-Relais für Printmontage sind jetzt in einer weiteren Ausführung auf dem Markt. Es handelt sich hierbei um optogekoppelte und elektrisch isolierte Relais in reiner Halbleitertechnik für Ausgangsströme bis 4 A.
Durch die kleine Bauform (stehendes Gehäuse 43 x 10 x 25 mm oder liegendes Gehäuse 38 x 35 x 10 mm) eignet sich diese Typenreihe insbesondere für galvanisch getrennte Ein/Ausgabeeinheiten in mikroprozessorgesteuerten Kontroll-, Regel-, Prozessautomations-Systemen usw., zum Betreiben von Motoren, Schützen, Lampen, Transformatoren und dergleichen.
Wechselspannungslasten, auch induktive, lassen sich bei Strömen bis zu I_{eff} = 4 A durch ein bereits integriertes RC-Glied schalten.
Der Baustein schaltet im Nulldurchgang der Wechselspannung, daher ist ein störungsfreier Schaltbetrieb gewährleistet. Auch Gleichspannungslasten bis 40 V/3 A oder 200 V/1 A können mit dem entsprechenden Relais-Typ problemlos gesteuert werden.
Die galvanische Trennung von Steuer- und Lastseite wird mit einem Optokoppler erzielt, wobei lt. Hersteller Isolationsspannungen zwischen Eingang und Ausgang bis U_{eff} = 4 kV (Standard 2,5 kV) realisiert werden konnten.
Information durch Metronik GmbH, Kapellenstr. 9, 8025 Unterhaching.

Neue Bausätze mit Solarzellen

Von Fa. Peters, die von den Solar-Bausätzen Sonnenradler, Demo-Set usw. bekannt ist, sind in Kürze weitere Solarbausätze zu erwarten. Es handelt sich um eine Weck-Uhr mit LCD-Anzeige, Puffer-Akku und 4 S-Zellen sowie um ein Arrangement von vielen kleinen, preiswerten Zellen, die auf einem Print montiert sind. Mit Drahtbrücken kann man die gewünschte Spannung verschalten, z.B. 12 V/50 mA oder 3 V/200 mA. Lieferung nur über den Fachhandel.
Fa. Manfred Peters, Postfach 10 51 42, 2000 Hamburg 11, Tel. 040/34 46 69.

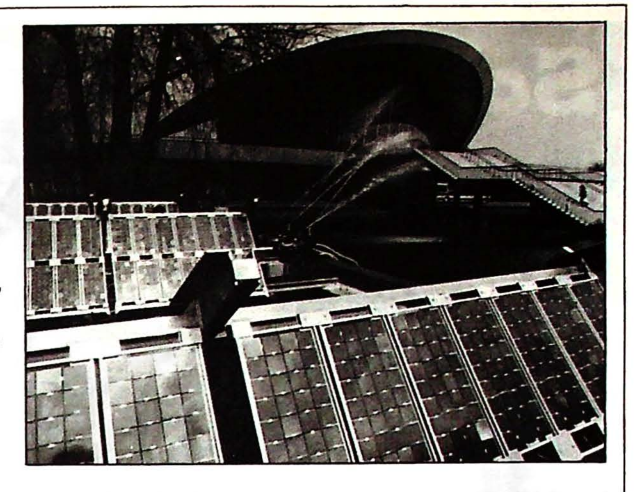
Zum Bastelkurs in den Hunsrück

Wollen Sie ein Wochende mit einem dreistündigen Bastelkurs sowie kulinarischen und landschaftlichen Eindrücken des Hunsrücks verbringen?
Die Fa. Wersi-Electronic hat sich diese Kombination ausgedacht, sie demonstriert für alle, die am Nachbau von elektronischen Orgeln interessiert sind, wie es geht. Für die übrige Zeit gibt es ein umfangreiches Freizeitprogramm.



Termine dieses Jahr: 7. bis 9. Sept., 28. bis 30. Sept. und 12. bis 14. Okt.
Über das Programm, die Leistungen und die Kosten informiert ein kostenloser Prospekt, den es bei Wersi-Electronic, Industriestraße 2 W, 5401 Halsenbach.

Was kostet Sonnenenergie?



Die einzige langfristige Alternative zur Kernenergie bietet die Solartechnik. In welchem Stadium ist sie?

Wenn man bedenkt, daß Firmen wie AEG/Telefunken, BBC, Bosch, Hoechst, Schott, MBB, Philips und Siemens Mitglied im „Bundesverband Solarenergie" sind, daß es eine internationale Energieagentur (IEA) mit 10 Mitgliedstaaten gibt und daß gar die Interatom (Internationale Atomreaktorbau GmbH), die seit 20 Jahren Kernreaktoren projektiert und baut, ein Konsortium anführt, das die Solar-Versuchsanlage der IEA aufbaut, dann darf man annehmen, daß die Industrie den richtigen Kurs kennt und ihn z.T. schon steuert.

Es ist zu unterscheiden zwischen photoelektrischen und solarthermischen Verfahren zur Sonnenenergie-Nutzung. Das erste verwendet Solarzellen, jedoch ist das Preis/Leistungsverhältnis so schlecht, daß eine Ablösung anderer Energiequellen noch nicht möglich ist. In kleineren Anlagen werden Solarzellen bereits sehr vielseitig eingesetzt, wenn damit z.B. die Wartungskosten der Anlage stark reduziert werden können.

Das Foto oben zeigt den derzeit größten Solargenerator dieser Art. Er wurde aus Anlaß der photovoltaischen Solar-Energie-Konferenz der Europäischen Gemeinschaften von AEG/Telefunken vor der Kongreßhalle in Berlin aufgebaut. Die Anlage erzeugt bei direkter Sonneneinstrahlung eine Leistung von 5 kW. Nach der Konferenz wird die Anlage in Berlin zur Stromversorgung eines Rundfunksenders installiert, sie soll - so AEG/Telefunken - in einem Dauerversuch unter realistischen Bedingungen nachweisen, daß diese alternative Energieversorgung insbesondere für Länder der dritten Welt zukunftweisend ist.

Beim solarthermischen Kraftwerk liefert die Sonne die Wärme für ein herkömmliches Wärme-Kraft-Aggregat, das einen Generator treibt. Eine starke Konzentration der Wärmestrahlung ist erforderlich, da ein brauchbarer Wirkungsgrad erst bei hohen Temperaturen erreicht wird.

Ein erstes Kraftwerk dieser Art steht in Albuquerque in den USA. Es dient nicht der Stromerzeugung, sondern zum Test der Komponenten. (Ein Symbol? Im zweiten Weltkrieg war dieser Ort das Zentrum der Kernenergieentwicklung).

Die bereits genannte IEA plant zwei Versuchsanlagen in Almeria (Spanien). Beim „Turmprojekt" konzentrieren 160 Spiegel die Energie auf einen im Turm angeordneten Absorber des Wärmekreislaufs. Das „Farmprojekt" sieht eine Vielzahl von Kollektoren vor, deren flüssiger Wärmeträger in einem Rohr in der Brennlinie eines linearen Parabolspiegels erhitzt und einem Wärme-Kraftaggregat mit Speicher zugeführt wird.

Die beiden Anlagen sollen in ihrer Wirkung miteinander verglichen werden. Sie liefern ihren Strom an das spanische Verbundnetz.

Darüber, was die Sonnenenergie in der Zukunft kosten wird, gibt es Schätzungen. Zu berücksichtigen sind die Investitionskosten und die laufenden Betriebskosten. Die Strompreisschätzungen beruhen auf Vergleich mit ölbetriebenen Kraftwerken. Atomkraftwerke sind für solche Vergleiche ungeeignet. Der Atomstrom, der die Energie verbilligen sollte, ist inzwischen bereits teuerer als Kohlestrom, aber beim heutigen Stand der Dinge läßt sich überhaupt kein Preis angeben. In den letzten Wochen hat es speziell bei den angeblich so sicheren deutschen A-Kraftwerken Unfälle gegeben: Wenn ein Reaktor nicht läuft, liefert er keinen Strom und man kann auch nichts berechnen.

Ölkraftwerke haben einen niedrigen Anteil an Investitionskosten (10%), dagegen machen die Betriebskosten (Ölpreis) 90% aus. Beim Sonnenkraftwerk: 93% Investitionskosten, 7% laufende Betriebskosten. Werden im Jahre 2000 zwei Kraftwerke gleicher Leistung in Betrieb gesetzt und bleibt der Ölpreis stabil, bei einer Inflationsrate von ebenfalls Null, so ist Sonnenenergie teurer. Bei einer Ölpreissteigerung von 5% wird Sonnenenergie nach 25 Jahren billiger, bei 6% sind es nur noch 14 Jahre, und bei 7% Ölpreissteigerung nur noch 8...9 Jahre. Danach ist jeweils die Sonnenenergie billiger.

Zur Zeit kann man mit Sonnenenergie kein Geld sparen, wohl aber Öl. EG-Kommissar Guido Brunner erwartet für das Jahr 2000 einen Beitrag der Sonnenenergie im EG-Raum von ca. 5%, das sind immerhin 100 Millionen Tonnen Öl pro Jahr.



Eine Plasmakugel mit einem Durchmesser von 1,4 Millionen Kilometer, in 150 Millionen Kilometer Entfernung, mit einer Masse von 330.000 Erdmassen.

Die Sonne brennt. Ein seit Milliarden Jahren andauernder Prozeß der Kernverschmelzung erzeugt eine Oberflächentemperatur von 5.000 °C. Zum Inneren der Sonne hin nimmt die Temperatur stark zu, als Kerntemperatur wird ein Wert von 15 Millionen °C angenommen.

Die Sonne strahlt Energie in den Raum. Sie bringt dabei die gigantische Leistung von 400.000.000.000.000.000.000.000 Kilowatt auf, das sind 4 x 10^{20} Megawatt. Nur ein Teil der Sonnenenergie wird von der Erde aufgefangen, nämlich der vergleichsweise geringe Anteil von einem Zweimilliardstel. Dies ist aber eine ganze Menge, denn mit einer Leistung von 20.000 Terrawatt (1 tW = 10^9 kW) könnte der jährliche Weltenergiebedarf 500x gedeckt werden.
Die Energiequellen der Erde, die heute genutzt werden, gehen zur Neige; sie reichen noch für etwa 1 Menschenalter. Zeit also, nach alternativen Energiequellen zu suchen. Die Sonne wird das Rennen machen. Problematisch ist die geringe Leistungsdichte von nur 150 W/m^2.

Die Sonnenenergie ist elektromagnetische Strahlung mit unterschiedlicher Wellenlänge. Die für uns wichtigen Spektralbereiche sind das sichtbare Licht, das am langwelligen Ende angrenzende Infrarot und das am kurzwelligen Ende des sichtbaren Lichtes angrenzende Ultraviolett. Die ultraviolette Strahlung ist u.a. für bestimmte Prozesse in der belebten Natur unentbehrlich, für die Energiegewinnung von Bedeutung sind das Infrarot sowie der angrenzende Bereich des sichtbaren Spektrums.
Die einzige Möglichkeit, die Sonne „anzuzapfen“, besteht darin, die Strahlung in ihren verschiedenen Formen zu nutzen. Eine unmittelbare Nutzung der Strahlung gibt es: Man legt sich „in die Sonne“.
Dies hat jedoch nichts mit dem Energieproblem unserer Tage zu tun. Wir brauchen Energie in einer Form, die auch nach Sonnenuntergang zur Verfügung steht, und zwar in konzentrierter Form, damit Fahrzeuge, Maschinen und elektrische Anlagen betrieben werden können. Sonnenenergie konzentrieren und speichern - das ist die Aufgabe.
Die Möglichkeiten dazu lassen sich in zwei Kategorien erfassen.

Indirekte Verfahren

Unter Einfluß von Licht und Wärmestrahlung von der Sonne wachsen Pflanzen. Insbesondere enthält Holz Energie, die sich nutzen läßt. Die Anpflanzung einer bestimmten Baumart, aus deren Holz sich vielleicht Benzin gewinnen läßt, wird für Forschungszwecke zur Zeit betrieben.
Ein weiteres indirektes Verfahren zur Nutzung der Sonnenenergie, zu dem bereits Versuche laufen, konzentriert mit optischen Mitteln soviel Wärmestrahlung auf einen begrenzten Raum, daß Wasser zu Dampf erhitzt wird, mit dem anschließend in bekannter Weise eine Turbine getrieben wird.
Der Temperaturgradient des Wassers in tropischen Seen kann dazu genutzt werden, Flüssigkeiten mit niedriger Verdampfungstemperatur in einem zyklischen Prozeß abwechselnd zu verdampfen und zu kondensieren. Bei diesem Prozeß kann dem System Energie entzogen werden.
Alle diese indirekten Verfahren haben Nachteile; für die beiden letztgenannten Verfahren sind umfangreiche Installationen erforderlich, die starkem Verschleiß unterworfen sind und einen erheblichen Wartungsaufwand kosten. Indirekt heißen die Verfahren, weil mehr-

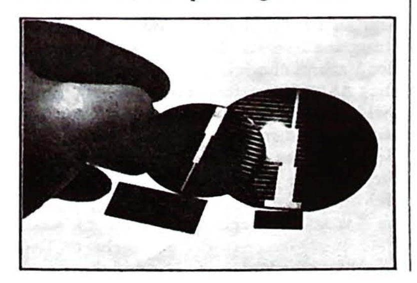
fach Energieumwandlungen stattfinden, bis die Energie in der gewünschten Form vorliegt. Bei jeder Umwandlung geht Energie verloren.
Die indirekten Verfahren sind nur sinnvoll für die Energiegewinnung mit Großanlagen, allerdings können sie zur Zeit ihre Energie nicht zu einem Preis liefern, der konkurrenzfähig ist.

Direkte Verfahren

Mit Thermoelementen kann Wärmeenergie unmittelbar in elektrische Energie umgewandelt werden. Die geringen Spannungen und Leistungen, die ein Thermoelement abgibt, beschränken seine Anwendungen auf Experimente und Temperaturmessung. Die Suche nach Halbleiterstoffen, die Wärmeenergie umwandeln, war bisher erfolglos.
Einige Halbleiter erzeugen bei Bestrahlung mit sichtbarem oder infrarotem Licht elektrische Energie; es sind dies Selen, Cadmiumsulfid, Silizium und Galliumarsenid. Da es sich um Oberflächeneffekte handelt und die Elemente aus Kostengründen aus dünnen Scheiben hergestellt werden, sind solche lichtelektrischen Wandler mechanisch empfindlich. Der Einsatz dieser Elemente zur Energiegewinnung aus der Sonnenstrahlung ist gegenwärtig, d.h. beim bisher erreichten Wirkungsgrad und gemessen am Energie-Marktpreis unwirtschaftlich.
Neben dem solarthermischen, indirekten Verfahren, bei dem optisch konzentrierte Sonnenwärme konventionell zum Antrieb eines Generators genutzt wird, stellt die lichtelektrische Umwandlung mit Solarzellen das einzige zur Zeit brauchbare Umwandlungsverfahren dar. Es wird bereits angewandt, insbesondere dort, wo es zu kostspielig oder zu problematisch ist, herkömmliche Energien an Ort und Stelle zu bringen.

Solarzellen

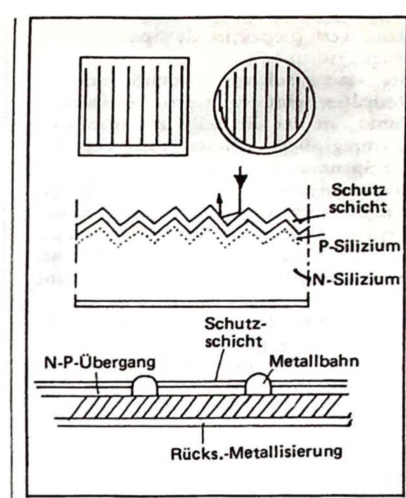
Die ersten brauchbaren Solarzellen waren aus Selen, allerdings haben sie einen so niedrigen Wirkungsgrad, daß sie sich nur für Lichtmeßzwecke eignen, z.B. in Belichtungsmessern. Die Klemmenspannung der Selenzellen ist mit 0,1 V so niedrig, daß einige -zig Zellen in Reihe geschaltet werden müssen, um auf eine brauchbare Spannung zu kommen.



Die Siliziumzellen haben die Situation entscheidend verändert. Die modernen Si-Solarzellen haben einen Wirkungsgrad von ca. 12%. Mit Galliumarsenidzellen wurden im Experiment bereits 18% erzielt, dieser Wert kommt bereits dem Wirkungsgrad eines Benzinmotors (24%) recht nahe. Vorläufig jedoch lassen sich nur Siliziumzellen einigermaßen wirtschaftlich nutzen.
Warum die Siliziumzellen, im weiteren Solarzellen oder einfach Zellen genannt, so teuer sind, läßt sich verstehen, wenn man berücksichtigt, daß mit derselben Menge Silizium, die in einer Zelle von wenigen cm Durchmesser enthalten ist, einige tausend Transistoren und hunderte von ICs hergestellt werden können. Zwar ist Silizium kein knapper Grundstoff - es gibt ihn „wie Sand am Meer" - aber es ist ein außerordentlich aufwendiges Verfahren erforderlich, um das Material in der benötigten Reinheit und mit der richtigen Struktur herzustellen. Hinzu kommt, daß die Siliziumscheibe für eine Solarzelle durchgehend homogen sein muß, sie darf keine Störungen enthalten. Bei der Transistor- oder IC-Herstellung trifft eine solche Störstelle nur einen oder nur wenige Halbleiter, sie werden bei der Prüfung ausgesondert.
Der Ausschußanteil ist bei der Produktion von Siliziumzellen somit höher als bei der Transistor- oder IC-Herstellung, dies macht sich selbstverständlich im Preis bemerkbar.

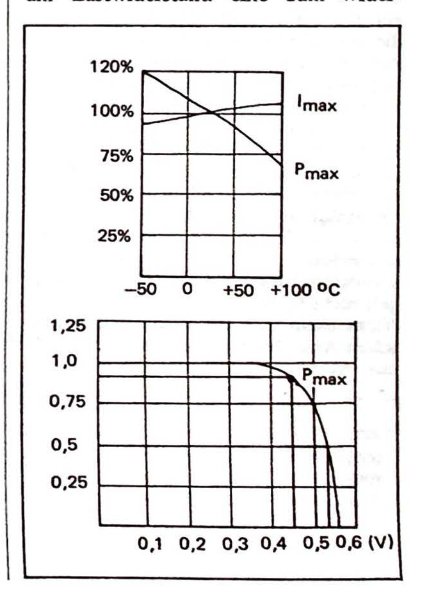
Struktur

Das Ausgangsmaterial für die Zellenherstellung ist gereinigtes Silizium, es liegt nach einem langsamen Schmelzprozeß als Einkristall vor. Der Block wird in dünne Scheiben zersägt, die einzelne Scheibe hat eine Dicke von unter 1 mm. Dünnere Scheiben lassen sich nur unter sehr großen Schwierigkeiten herstellen, außerdem erhöht sich natürlich die Bruchgefahr bei der weiteren Bearbeitung und später im Einsatz, wenn die Scheibe noch dünner ist.
Zunächst erhält die Si-Scheibe in einem Ätzprozeß eine Oberflächenstruktur, die für zweifache Reflexion des Lichtes sorgt; diese Struktur verbessert die Nutzung der auftreffenden Strahlung.
Da als Ausgangsmaterial N-Silizium (negativ dotiertes) dient, kann nach der Oberflächenbehandlung durch einen Diffusionsprozeß, bei dem in einer dünnen Oberflächenzone gezielt Verunreinigungen entstehen (P-Dotierung), ein P/N-Übergang hergestellt werden. Die Oberfläche der Scheibe weist vor dieser Phase bereits die charakteristischen metallischen Bahnen auf, über welche später der von der Zelle gelieferte Strom fließt. Diese Bahnen sind aus naheliegendem Grund extrem schmal ausgeführt, denn um ihren Oberflächenanteil verringert sich die nutzbare Oberfläche der Zelle. Zum Metallisieren dienen meistens besondere, teure Metalle oder Legierungen, so benutzt z.B. Motorola Palladium-Silicid, das anschliessend mit Nickel überzogen wird, damit man mit Draht und Lötzinn einen Anschluß anbringen kann. Die meisten Zellen sind auf der Unterseite und am Rasteranschluß vorverzinnt.



Eigenschaften

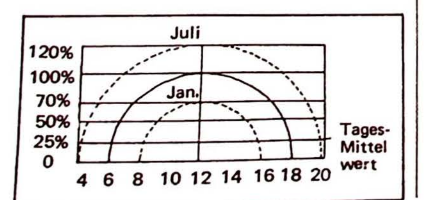
Solarzellen haben im unbelasteten Zustand eine Klemmenspannung von 0,56 Volt. Bei Belastung nimmt die Spanung ab, bis ein Wert von 0,35 Volt erreicht ist. An dieser Stelle hat der Strom seinen höchsten Wert erreicht. Belastet man noch stärker, so bleibt der Strom konstant, d.h. die Zelle verhält sich wie eine Konstantstromquelle, die am Lastwiderstand eine zum Wider-

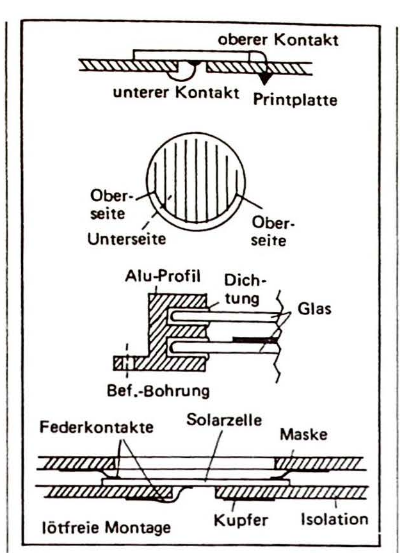


standswert proportionale Spannung er zeugt.
Bei einem solchen Strom/Spannungs-Verhalten gibt es einen bestimmten Punkt, an der die Zelle ihre maximale Leistung abgibt. Dieser Punkt liegt bei der Spannung 0,45 Volt.
Diese Angaben gelten für eine Umgebungstemperatur von 25 Grad Celsius. Bei Null Grad ist die Klemmenspannung um 10% höher, somit kann die Zelle bei dieser Temperatur eine höhere Leistung abgeben.
Bei höheren Temperaturen nimmt die Zellenleistung ab, sie beträgt z.B. bei 125 Grad nur noch ca. 50%. Für eine optimale Nutzung der Sonnenzelle ist somit für eine niedrige Zellentemperatur zu sorgen.
Die spektrale Empfindlichkeit der Zelle weicht erheblich von dem auf der Erde vorhandenen Lichtspektrum ab, dessen Energieanteile hauptsächlich im Grünen und im Blauen liegen. Die Siliziumzelle hat ihre höchste Empfindlichkeit im nahen Infrarot. Alle Abdeckungen, die man zum Schutz der Zelle z.B. gegen Witterungseinflüsse vorsieht, müssen aus diesem Grund für Infrarot möglichst gut durchlässig sein. Glas ist geeignet, nicht jedoch einige transparente Kunststoffe.

Montage

Die sehr empfindlichen Solarzellen müssen gegen mechanische Einwirkungen und Witterungseinflüsse geschützt werden. Wichtig ist zunächst die Montage auf einer steifen, nicht biegsamen Unterlage, z.B. aus hartem Kunststoff oder Hartholz. Ein Ring aus beliebigem Material, der konzentrisch zur Zelle montiert wird und die Zelle nicht berührt, trägt eine Glasscheibe, die auf den Ring geklebt wird. Auch eine Konstruktion, die aus zwei Glasplatten besteht, die auf zwei Seiten von einem Alu-Profil gehalten werden (kleben), hat sich bewährt.
Eine vollkommen luftdichte Konstruktion ist nur zulässig, wenn sie gegen Luftdruckschwankungen ausreichend stabil ist. Bei größeren Arrangements von mehreren Solarzellen ist ausreichende Stabilität oft nicht zu erreichen, in solchen Fällen ist eine regen- und spritzwasserfeste Belüftung vorzusehen, ausserdem sollte ein Trockenmittel (Silikagel) nicht fehlen.
Nicht unproblematisch sind die elektrischen Anschlüsse der Zelle. Zwei mögliche Ausführungen sind im Bild dargestellt, jedoch ist die lötfreie Kontaktierung mit korrosionsfreien Federkontakten wohl dem professionellen Anwender vorbehalten.





Von den Siliziumhalbleitern, die in der Elektronik heute verwendet werden, ist bekannt, daß das Halbleitermaterial bei zu hohen Temperaturen zerstört wird. Die Silizium-Sonnenzelle ist technologisch identisch, deshalb ist beim Löten auf der Zelle größte Sorgfalt angebracht. Sorgfalt heißt hier: mit einem leistungsstärkeren Kolben löten, damit die Lötzeit so kurz wie möglich ist und nur ein kleiner Bereich der Zelle erwärmt wird. Gelingt die Lötung nicht sofort, dann warte man, bis sich die Zelle insgesamt auf normale Temperatur abgekühlt hat. Für die einzelne Zelle genügt im allgemeinen je eine Anschlußlitze pro Pol.

Position zur Sonne

Bei senkrechter Bestrahlung geben Solarzellen ihre höchste Leistung ab. Bei einem von der Senkrechten abweichenden Einfallswinkel nimmt die Leistung ab. Als Faustregel gilt, daß die maximale Leistung (bei senkrechter Bestrahlung) mit dem Faktor zu multiplizieren ist, der sich aus dem Verhältnis zwischen scheinbarer Oberfläche (von der Sonne aus gesehen) und der tatsächlichen Oberfläche der Zelle ergibt. Bei Querstellung der Zelle (ein Sonnenstrahl liegt in der Zellenebene) müßte nach der Faustformel die Zelle die Leistung Null abgeben. Ganz so ist es in der Praxis nicht, weil die Zelle von reflektiertem Licht getroffen wird. Je nach den Umgebungsverhältnissen gibt die Zelle in ihrer Null-Position noch zwischen 10% und 20% ihrer maximalen Leistung ab.
Um im gesamten Tagesverlauf optimale Bestrahlungsverhältnisse zu erzielen, muß die Zelle oder ein Arrangement der Sonne nachgeführt werden. Die hierfür erforderlichen Steuerungen sind zwar durchaus realisierbar, jedoch ist die Entwicklung eines solchen Systems den Profis und den besonders interessierten Hobby-Energetikern vorbehalten.

Leistung von Solargeneratoren

Da die Bestrahlungsverhältnisse einem ständigen Wechsel unterliegen, gibt es kaum eine Anwendung, bei der Sonnenzellen einen Verbraucher unmittelbar speisen. Deshalb ist praktisch immer ein Energie-Puffer zwischen Zellen und Verbraucher erforderlich. Ein solcher Puffer ist ein Akku, der in sonnigen Zeiten aufgeladen wird und Energie abgibt, wenn es nötig ist.
Die folgenden Überlegungen gehen davon aus, daß die Sonne tagsüber tatsächlich scheint, also nicht von Wolken verdeckt wird. Diese Voraussetzung ist für einige Regionen der Erde durchaus realistisch, im allgemeinen jedoch muß ein Korrekturfaktor für die mittlere Sonnenscheindauer berücksichtigt werden.
Zunächst setzt man die Leistung der erforderlichen Sonnenzelle(n) mit der vom zu speisenden Verbraucher aufgenommenen Leistung gleich. Dieser Wert ist dann in mehreren Schritten zu korrigieren.
Da die Zelle erst nach Sonnenaufgang zu arbeiten beginnt und erst gegen Mittag ihre größte Leistung abgibt, liefert sie im Tagesmittel nur 15%...25% der nominellen Leistung. Der genaue Wert hängt vom Breitengrad und von Jahreszeit-Einflüssen ab. Wird die Anlage das ganze Jahr hindurch betrieben, so ist mit dem niedrigen Prozentsatz zu rechnen. Wird dagegen im Sommer oder an warmen, sonnigen Tagen mehr Leistung benötigt, wie etwa bei einer Bewässerungsanlage, so liegt der Fall günstig, dann kann ein höherer Wert angesetzt werden.
Um sicher zu gehen, daß stets ausreichend Energie zur Verfügung steht, muß somit die Generatorleistung den 7fachen Betrag der Verbraucherleistung haben.
Dann wird der Akku während etwa 10 von 24 Stunden mit der Überschuß-Energie geladen, während der übrigen 14 Stunden liefert der Akku die Betriebsenergie. Für die Entladezeit ist eine weitere Korrektur erforderlich, da der Akku mit einem Wirkungsgrad von ca. 60% arbeitet. Berücksichtigt man das, so ist für den Generator eine Leistung anzusetzen, die fast das Zehnfache der Verbraucherleistung beträgt.
Die Akku-Kapazität muß für die Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang bemessen werden. Hat man bei der Berechnung der Generatorleistung die mittlere Sonnenscheindauer berücksichtigt, so muß dies auch für die Akku-Kapazität geschehen, denn es sind Bewölkungszeiten oder gar mehrere Tage schlechtes Wetter zu überbrücken.

Man rechnet deshalb mit einer Akku-Kapazität, die für 2...5 volle Tage reicht. Welchen Wert man hier wählt, hängt nicht zuletzt davon ab, welche Bedeutung die Anlage und ihr ununterbrochener Betrieb haben.

Solargenerator und Notstrombatterie

Eine ganz andere Methode der Leistungsberechnung ist anzuwenden, wenn der Verbraucher z.B. eine Notstrombatterie ist. Der Solargenerator hat hier die Aufgabe, den Akku in vollem Ladezustand zu halten, damit er immer absolut einsatzbereit ist.

Unter normalen Umständen liefert der Generator keine oder eine sehr geringe Energie. Der Akku selbst ist die kritischere Stelle der Anlage, er muß zuerst berechnet werden. Seine Kapazität richtet sich nach der Leistungsaufnahme des Verbrauchers und der Zeit, in der diese Leistung nach einem Netzausfall aufgebracht werden muß.

Man rechnet für den Solargenerator 1% der Verbraucherleistung.

Bringt man den Tagesverlauf der Sonneneinstrahlung in die Rechnung ein, wie im vorigen Abschnitt begründet, so kommt man auf 7%, weil erst die siebenfache Überdimensionierung die Ausfallzeiten (Nacht, Morgen, Abend) kompensiert.

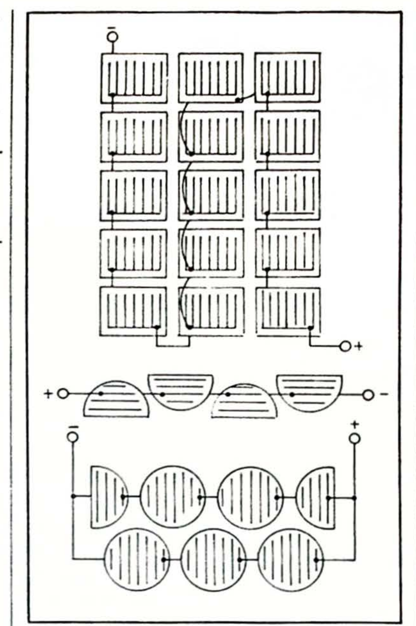
Sehr ähnliche Kriterien gelten für die Berechnung von solchen Solargeneratoren, die einen nur sporadisch eingeschalteten Verbraucher versorgen, hier sind beispielsweise Türklingel, Intercom und Alarmanlagen zu nennen.

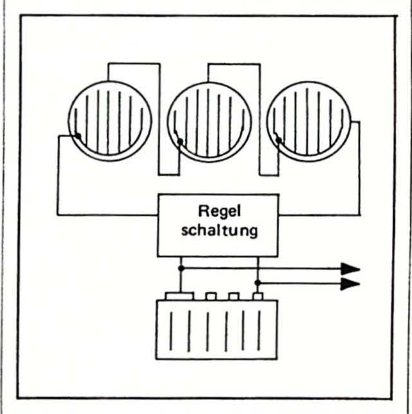
Solarzellen – Anordnung

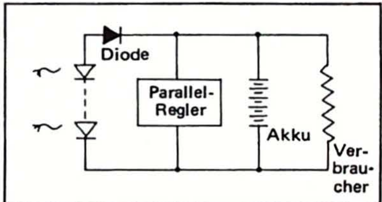
Die rechteckigen Solarzellen werden aus den ursprünglich runden Scheiben herausgeschnitten, so daß sie nur unter Inkaufnahme von Abfallstücken produziert werden können. Das bedeutet: höherer Preis pro Fläche. Die rechteckigen Zellen gestatten allerdings eine optimale Nutzung der Fläche in einer Mehrzellen-Anordnung.

An Zellenoberfläche sind ca. 80 cm^2 je Watt erforderlich, für die Befestigung und die elektrischen Verbindungen gibt man 10% zu. Da runde und halbrunde Zellen nicht zu einer durchgehenden Fläche ausgelegt werden können, ist ein weiterer Zuschlag von 20% bzw. 15% zu berücksichtigen. Diese Zahlen gelten nur für umfangreiche Anlagen, für kleinere Arrangements sind sie höher.

Hohe Umgebungstemperaturen drücken die Leistung der Silizium-Solarzelle, deshalb ist beim Einsatz in warmen Gegenden der negative Temperaturkoeffizient dieser Zellen von –2,2 mV/Grad Celsius zu berücksichtigen; zusätzliche Zellen zum Ausgleich können evtl. erforderlich sein. Montage der Zellen auf einem geschwärzten Körper, der in möglichst gutem Wärmekontakt mit der Zelle steht, ist grundsätzlich zu empfehlen.







Die Solarzelle als elektronisches Bauelement

Solarzellen können parallel und in Reihe geschaltet werden, wenn bestimmte Spannungs- oder Stromwerte zu fordern sind. Da unter optimaler Belastung der Zelle die Klemmenspannung 0,45 Volt beträgt, rechnet man in der Praxis mit diesem Wert. Zum Laden eines 1,2 V-NiCd-Akkus sind somit drei Zellen in Reihe zu schalten. Eine Reihenschaltung, die 12 V abgibt, besteht aus bereits 27 Einzelzellen.

Die unbeleuchtete Zelle hat Diodeneigenschaft; da die Diode so gepolt ist, daß sie den Stromkreis des soeben geladenen Akkus schließt, wenn die Zellenbeleuchtung wegfällt, ist eine Gegenmaßnahme zu ergreifen, damit der Akku nicht entladen wird. Eine zusätzliche Diode liegt so im Ladestromkreis, daß der Akku zwar ge-, aber nicht entladen wird. An dieser Diode fällt die Flußspannung ab, deshalb verwendet man hier gerne eine Germaniumdiode oder einen als Diode geschalteten Germaniumtransistor, der Spannungsverlust ist dann geringer als mit einer Siliziumdiode. Gegebenenfalls muß trotzdem die Zahl der Zellen um 1 erhöht werden, um den Spannungsverlust durch die Entladeschutzdiode auszugleichen.

Solargeneratoren für Notstrombatterien und ähnliche Anwendungen benötigen keine Elektronik.

In größeren Anlagen dagegen, wo der Generator dauerbelastet wird, ist eine Regelschaltung erforderlich, die den Ladestrom begrenzt. Um die Leistungsverluste, die von der Regelschaltung verursacht werden, in Grenzen zu halten, verwendet man Parallelregler, auch als „Shunt"-Regler bezeichnet. Dieser tritt in Aktion, wenn die Akkuspannung ihren Sollwert erreicht hat; er setzt die überschüssige Energie in Wärme um.

In kleinen elektronischen Schaltungen, die mit Sonnenenergie betrieben werden sollen, ist Gleichspannungswandlung oft eine gute Lösung, trotz der dabei auftretenden Energieverluste. Handelt es sich z.B. um einen Antennenverstärker, so kann man mit einer CMOS-Schaltung, die selbst nur wenig Strom verbraucht, den Verstärker in Abhängigkeit vom Ladezustand des Akkus ein- und ausschalten. Es steht dann auf jeden Fall am Abend die volle Kapazität des Akkus zur Verfügung. Eine solche Schaltung kostet weniger als die Solarzellen, die auf diese Weise eingespart werden.

Abschließende Bemerkungen

Mit den modernen NiCd-Akkus stehen Energie-Puffer zur Verfügung, die hinsichtlich ihrer Lebensdauer und ihrer Wartungsfreiheit zu den Solarzellen passen. Deshalb sind Schaltungen für die Veröffentlichung geplant, die den Einsatz von Solarzellen trotz der noch recht hohen Preise sinnvoll erscheinen lassen. Im Einzelnen handelt es sich um einen Ladegerät, einen Gleichspannungswandler, der solar gespeist wird und um licht- und ladezustandabhängige, elektronische Schalter.

C. Koger

Balance/Panorama Einsteller in Modultechnik

Ein Balance–Einsteller in einer Stereo–Anlage und ein Panorama–Einsteller in einem Mischpult sind bezüglich der Aufgaben, die sie erfüllen sollen, zwei ganz verschiedene Dinge. Arbeiten jedoch beide Schaltungen auf demselben Signalpegel und sind sie beide so ausgelegt, daß sie sich in ein größeres System ohne Anpassungsprobleme einfügen lassen, so kann man sie praktisch nach demselben Schaltungsprinzip und mit identischen Bauelemente-Werten aufbauen.

Somit ist das NF-Modul MV-c, das in diesem Beitrag beschrieben wird, einerseits als Balance–Einsteller in der HiFi–Modulserie zu verwenden, andererseits als Panoramabaustein im „n-Kanal-Mischpult", das in der Mai-Ausgabe veröffentlicht wurde.

Mit einem Balance–Einsteller wird das Lautstärkeverhältnis der beiden Kanäle einer Stereoanlage beeinflußt. Bezeichnet man bei einem Stereo–Klangbild den Bereich zwischen „ganz links" und „ganz rechts" als Panorama, so gestattet es ein Panorama–Einsteller, ein Monosignal an beliebiger Stelle im Panorama zu plazieren. Man findet diese Einstellmöglichkeit in Mischpulten, sie dient dort dazu, ein monofones Mikrofonsignal auf ein Stereosignal zu mischen.

Ein Potentiometer als Balance–Einsteller

Bild 1 zeigt ein Stereo-Poti, das, wenn es bestimmte Daten hat, als Balance-Einsteller dienen kann und dann in der angegebenen Weise geschaltet werden muß. Läßt man den oberen Abgriff nach oben wandern, so bewegt sich der untere ebenfalls nach oben. Dabei nimmt die Lautstärke im linken Kanal (oben) zu, im unteren nimmt sie ab. In der oberen Anschlagstellung der beiden Poti-Hälften hat der linke Kanal volle Lautstärke, der rechte schweigt, weil der Potiabgriff auf Masse liegt, so daß die nachfolgende Stufe kein Signal bekommt.
In der anderen Anschlagstellung (beide Abgriffe unten) ist der linke Kanal tot, der rechte hat volle Lautstärke.
In Mittelstellung des Potis sind die Signalamplituden der beiden Ausgänge gleich, vorausgesetzt, daß die beiden Eingangssignale gleiche Amplituden haben.
Die Sache sieht sehr einfach aus, aber sie hat einen Haken: Von einem Modulsystem darf man erwarten, daß die Module universell sind, d.h. ein zusätzliches Modul darf die Funktion der anderen Gruppen oder des Gesamtsystems nicht beeinträchtigen.
Diese Forderung ist mit der Schaltung in Bild 1 nicht erfüllt. Die Ausgangsspannung der Eingangsmodule liegt einheitlich bei 775 mV. Wenn das Poti in Mittelstellung steht, wird die Amplitude auf den halben Wert reduziert, das nächste Modul „erwartet" jedoch ein ungeschwächtes Signal. Das bedeutet für die korrekte Konstruktion eines Balanceeinstellers: Wenn das Poti in Mittelstellung steht, darf das Signal nicht abgeschwächt werden. Beim Zwischenschalten des Moduls in den Signalweg darf sich die Signalamplitude nicht ändern.
Mit dieser Forderung, die sich schaltungstechnisch leicht erfüllen läßt, ist aber eine weitere Schwierigkeit verbunden: Wenn in Mittelstellung des Potis die Amplitude stimmt, weil z.B. auf das Poti ein 2x - Verstärker folgt, so nimmt sie beim Verdrehen des Potis in dem einen Kanal ab, im anderen steigt sie jedoch an, so daß aus dem Baustein im bevorzugten Kanal eine Amplitude herauskommt, die höher ist als die Eingangsspannung des Moduls. Bei sonst ordentlicher Pegelführung im System würde spätestens der Endverstärker übersteuert.

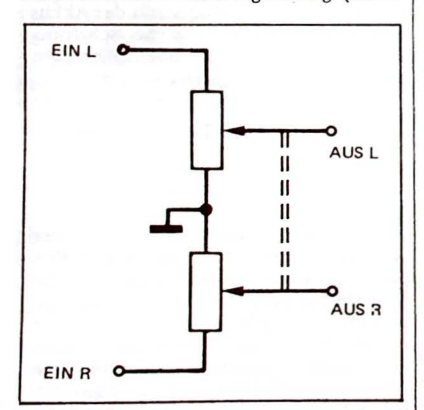
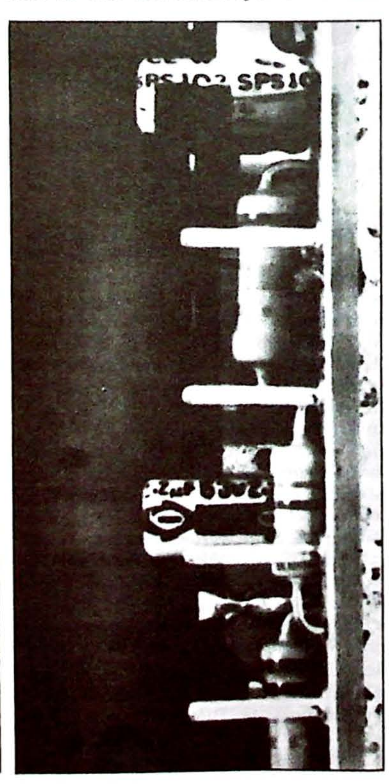


Bild 1. *Ein Stereopoti, auch Tandempoti genannt, kann im Prinzip als Balanceeinsteller dienen, hat aber Nachteile.*

Ein „echtes" Balance – Potentiometer

Die ordentliche Lösung des Problems sieht so aus: Bei einem speziell für die-



Stückliste

Balance/Panorama – Mischmodul

WIDERSTÄNDE 1/4 Watt, 5%

R1	*= 100 k-Ohm, Schiebepoti 58 mm, Ster. lin.*
R2, R6	*= 180 k-Ohm*
R3, R7;	*= 120 k-Ohm*
R4, R8	*= 4,7 k-Ohm*
R5, R9, R10, R11	*= 10 k-Ohm*

KONDENSATOREN

C1, C2, C3, C4	*= 2,2 µF/60 V, RM 5*
C5	*= 10 µF/25-35 V, Tantal*

HALBLEITER

T1, T2	*= BC 107 o. äquiv., z.B. BC 547*

SONSTIGES

1	*x Bed.-Knopf f. Schiebepoti*
2	*x Abst.-Röhrchen 5 mm*
4	*x Abst.-Röhrchen 15 mm*
4	*x Gewinde-Röhrchen M3x10*
2	*x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 10*
4	*x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 20*
4	*x Kreuzschl.-Schr. M3 x 5*
2	*x Muttern M3*
8	*x Isolierscheiben 3,2 mm Loch-ϕ*
14	*x Lötstifte RTM*
14	*x Steckschuhe RF*
1	*x Print nach Bild 7/8/9*

sen Zweck gefertigten Poti wird in Mittelstellung des Abgriffs das volle Signal abgegriffen, beim Verdrehen oder Verschieben in Richtung Masse nimmt die Signalamplitude ab. Solche Potis gibt es tatsächlich, hier ist eine Hälfte der Kohlebahn metallisiert, zwischen dem Abgriff und dem betreffenden Ende der Widerstandsbahn ist der Widerstand tatsächlich fast Null Ohm.

Es wäre naheliegend, solch ein Poti in Stereoausführung hier zu verwenden, aber mit der Erhältlichkeit solcher Typen auf dem „freien" Markt sieht es böse aus.

Baukosten-Voranschlag

DM 33.-

Brauchbarer Ersatz mit Bordmitteln

Was es fertig nicht gibt, muß man selbst machen. Aber keine Angst, ein operativer Eingriff bei einem Schiebepoti ist nicht erforderlich.
Das Problem läßt sich auch von außen in Angriff nehmen. Die Elektronik bietet so viele Möglichkeiten, warum sollte es nicht auch einen Schaltungstrick geben, der die Einstellkennlinie eines Potis in bestimmter Weise verändert?
In Bild 2 ist die Potischaltung um zwei Bauelemente erweitert. Die Widerstände ersetzen, wenn auch nicht in Vollkommenheit, den Kurzschluß auf der Kohlebahn des echten Balance-Potis, wenn das Poti in Mittelstellung steht. Deshalb sind die Widerstandswerte niedrig in Bezug auf den Potiwiderstand, allerdings dürfen sie natürlich nicht in die Nähe von Null Ohm kommen, denn dann wird der Eingang des Kanals praktisch kurzgeschlossen, wenn man das Poti in eine Anschlagstellung bringt.
Setzt man bei einem Potiwiderstand von 100 k-Ohm die Festwiderstände mit 10 k-Ohm an, so erhält man für die Signalamplitude am Ausgang eine Einstellkennlinie, die für die Praxis sehr gut brauchbar ist.

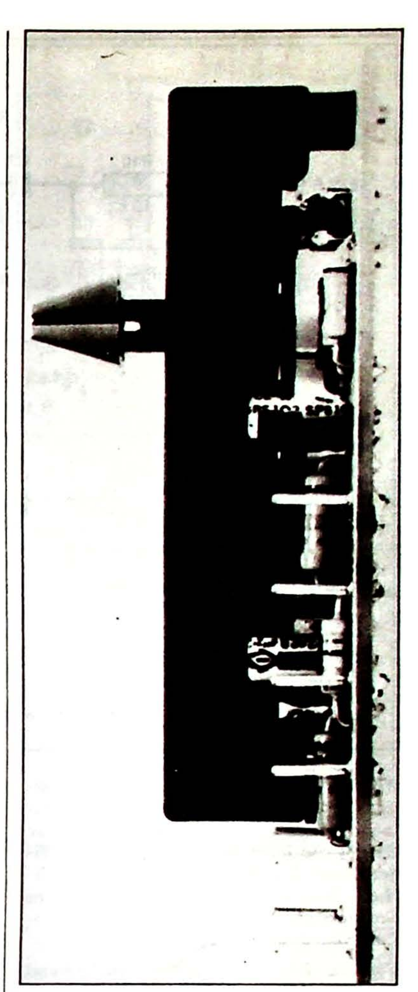
In Mittelstellung des Potis wird bei dieser Dimensionierung der Schaltung das Signal um 14% geschwächt. Dank der logarithmischen Lautstärkeempfindlichkeit des Ohres ist dies gegenüber der vollen Lautstärke eine Differenz, die zwar meßbar, aber nicht hörbar ist.

Impedanzanpassung

Der Eingang einer Transistorschaltung hat einen (Ersatz-) Widerstand, mit dem er die Signalquelle – das kann die vorgeschaltete Baugruppe sein – mehr oder weniger belastet. Bei der Modulserie kommt es darauf an, daß die Belastung durch eine zugeschaltete Einheit nicht zur Verringerung der Signalamplitude oder zu Verzerrungen führt. Deshalb muß der Eingangswiderstand hoch sein.

Der Ausgang muß dagegen einen niedrigen Widerstand haben, damit man gefahrlos die nächste Stufe anschalten kann. Da das in der Schaltung verarbeitete Signal eine Wechselspannung ist, spricht man von Eingangs- bzw. Ausgangsimpedanz.

Hohe Eingangs- und niedrige Ausgangsimpedanz erreicht man mit Verstärkerstufen; im vorliegenden Fall ist, wie gezeigt wurde, keine Verstärkung erforderlich, deshalb eignet sich ein Emitterfolger.



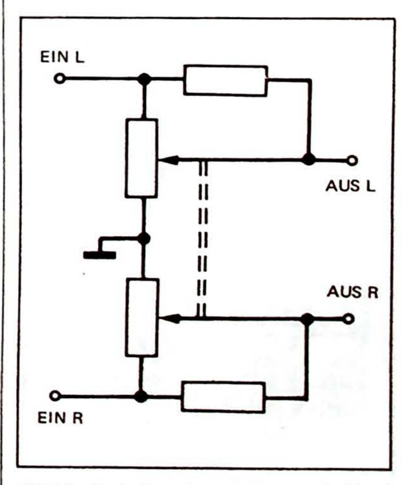


Bild 2. *Zwischen dem äußeren, „heißen" Anschluß und dem Abgriff sind beide Hälften eines linearen Potis mit je einem relativ niederohmigen Festwiderstand überbrückt. Diese Maßnahme ergibt die gewünschte Einstellkennlinie.*

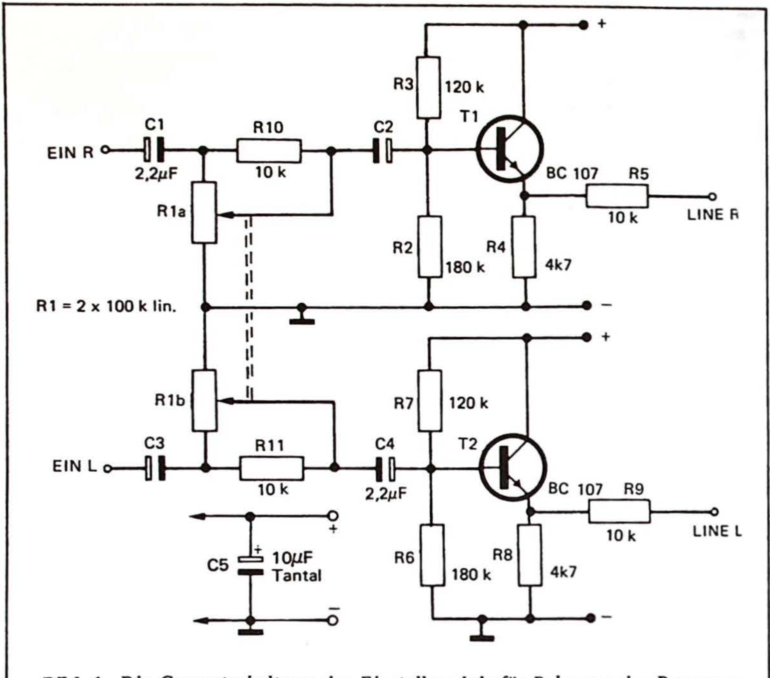


Bild 4. *Die Gesamtschaltung des Einstellmoduls für Balance oder Panorama.*

Bild 6. *Bei der Verbindung von Mikro-Mischmodul (rechts) und Panorama-Einheit (links) sind die beiden Eingänge zu brücken, R9 und R10 entfallen (s. Text).*

Wie Bild 3 zeigt, gelangt das Eingangssignal (von einem der Potiabgriffe kommend) über einen Koppelkondensator C1 auf die Basis des Transistors. Die Widerstände R1 und R2 bilden den üblichen Basisspannungsteiler. Über dem Emitterwiderstand entsteht das Ausgangssignal der Stufe.

Für die Eingangsimpedanz maßgebend ist die Parallelschaltung aus R1, R2 und der Eingangsimpedanz des Transistors in der hier vorliegenden Emitterfolger-Schaltung, die sehr hoch ist, sie entspricht etwa dem Wert des Emitterwiderstandes, multipliziert mit dem Verstärkungsfaktor des Transistors.

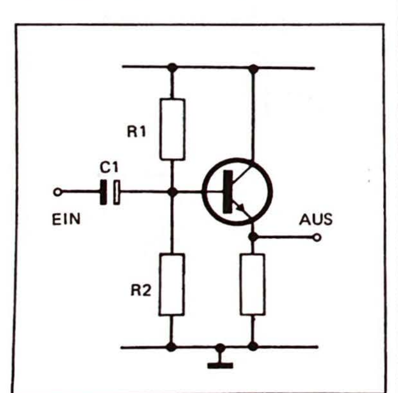


Bild 3. *Der Emitterfolger, eine Schaltung ohne Spannungsverstärkung, dient als Impedanzwandler.*

Die Ausgangsimpedanz ist niedrig, man erhält sie überschlägig, indem man den Emitterwiderstand durch den Verstärkungsfaktor des Transistors teilt.
Schaltet man die gezeigte Stufe hinter die Potentiometerschaltung aus Bild 2, dann steht das Balance-Modul, es sind nur noch kleine Erweiterungen vorzunehmen, die Bild 4 zeigt.

Das Modul als Panorama – Einsteller

Verbindet man beide Eingänge miteinander, so arbeitet das Modul als Panorama-Einsteller. Es entsteht die in Bild 5 angegebene Situation. In Mittelstellung des Potis treten an den Ausgängen gleiche Amplituden auf. Das bedeutet, daß das Signal - man setzt den Panorama-Einsteller für ein Mono-Mikrofonsignal ein - in beiden Kanälen der Stereo-Anlage mit gleicher Lautstärke repräsentiert ist. Beim Betätigen des Potis verschiebt sich die Stelle, an der man das Signal lokalisiert, zwischen ganz links und ganz rechts.

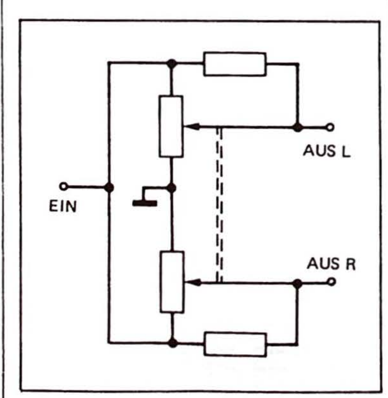
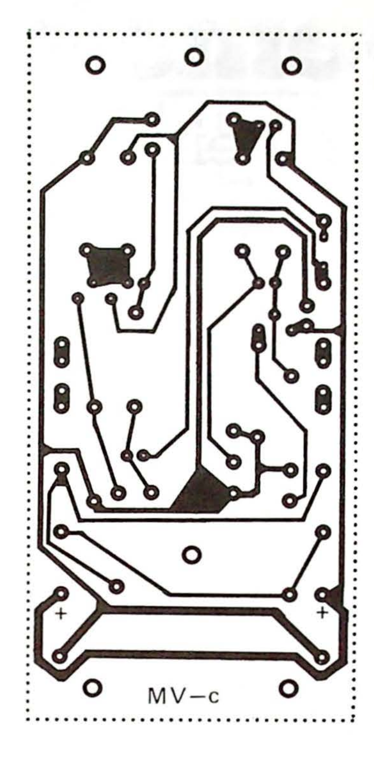
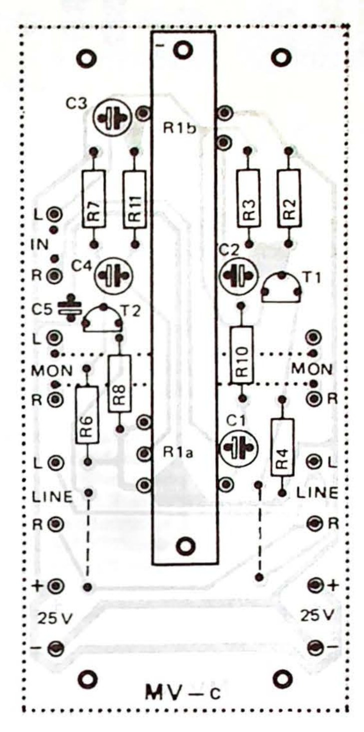


Bild 5. *Mit durchverbundenen Eingängen wird aus dem Balance-Einsteller ein Panorama-Baustein für Mikrofone.*

Anschluß an andere Module

Bild 6 zeigt, wie das Panorama-Modul mit der vorgeschalteten Mikrofoneinheit verbunden wird. Das Mikrofonsignal (wenn es tatsächlich mono ist) erscheint nur am R-Ausgang der rechts angegebenen Einheit. An dieser Stelle sei auf einen Fehler im Beitrag „Das n-Kanal-Mischpult in Modultechnik" hingewiesen, der in Heft 5/79, in Bild 4, Seite 26 passiert ist; der obere Signalweg ist nicht, wie angegeben, der linke, sondern der rechte. Wird die Mischeinheit für ein Monomikrofon bestückt, so ist dies laut Stückliste der obere, rechte Signalweg, der untere ist der des linken Kanals.
Damit das Signal vom R-Ausgang der Mikro-Einheit auf beide Signaleingänge des Panorama-Moduls gelangt, ist an den Eingangspins eine Kurzschlußbrücke anzubringen, wie in Bild 6 eingezeichnet. Das an den Emittern erscheinende Signal muß, unabhängig von der „Verteilung" auf die beiden Kanäle, den Signalen der anderen Mischmodule zuge-





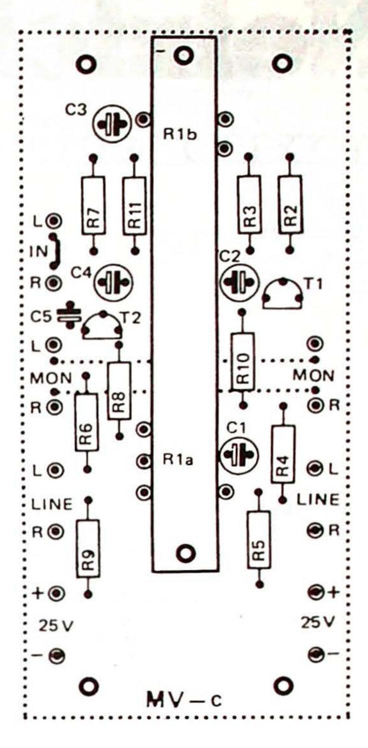


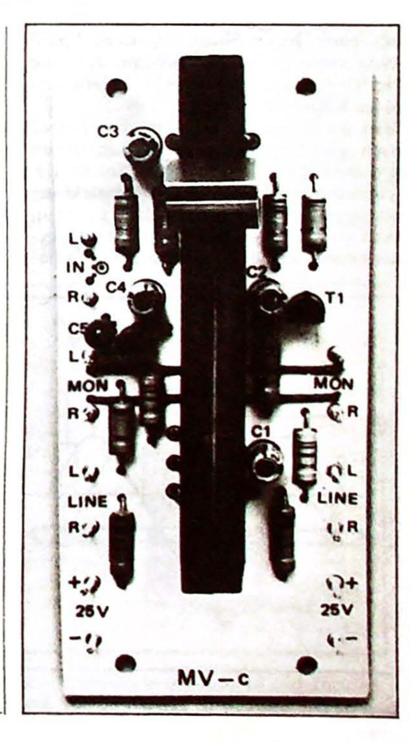
Bild 7, 8, 9. *Printlayout und die beiden Bestückungspläne des Prints als Balance- (Mitte) und Panorama-Einsteller (rechts).*

mischt werden können, deshalb werden beide Signale von den Emittern über die üblichen Mischwiderstände (R5, R9 in Bild 4) auf die LINE-Ausgänge geführt. Bezüglich der Anschlußbelegung dieses Moduls tritt jedoch eine Besonderheit auf. Bei den Mischmodulen befinden sich in der Höhe, bei der bei den anderen Modulen der HiFi-Serie die Ein- und Ausgänge liegen, die LINE-Anschlüsse, denn über sie werden die eigentlichen Verbindungen im Mischsystem hergestellt. Somit sind die Ein- und Ausgänge der Module an anderer Stelle zu finden, sie liegen oben, noch oberhalb der Monitor-Anschlüsse.

Benutzt man das hier beschriebene Modul als Panorama-Einsteller, so wird der „Normal-Ausgang" des vorgeschalteten Mikro-Moduls benutzt, nicht dessen LINE-Ausgang, weil ja an dieser Stelle noch nicht gemischt wird. Diesem Ausgang liegt der Signaleingang der Panorama-Einheit unmittelbar gegenüber, so daß eingangsseitig ganz kurze Verbindungen entstehen.

Die LINE-Anschlüsse sind bei allen Mischmodulen quer über die gesamte Breite des Prints geführt, sie sollen im Mischsystem eine durchgehende Schiene bilden. Dies bedeutet beim Einsatz des Panorama-Moduls, daß das vorgeschaltete Mikrofon-Mischmodul kein Signal auf die Mischschiene geben darf, denn das Signal soll ja erst dann gemischt werden, wenn es an der gewünschten Stelle im Panorama erscheint. Aus diesem Grund müssen im Mikro-Mischmodul die LINE-Leitungen von der Schaltung getrennt werden, dies kann am besten in der Weise geschehen, daß man die dortigen Mischwiderstände R9, R10 einfach aus der Schaltung nimmt, sie werden selbstverständlich *nicht* durch Drahtbrücken ersetzt. Als Ausgang des Mikro-Mischmoduls mit dem nachfolgenden Panorama-Einsteller dient, wie erwähnt, der oben liegende „Normalausgang."

Da diese Einheit in erster Linie als Zusatz zum Mischpult gedacht ist, muß man sich beim Einsatz als Balance-Modul in der HiFi-Serie damit abfinden, daß die Eingänge, abweichend von den anderen Modulen, oben liegen, so daß längere Verbindungen erforderlich sind. Als Ausgang dienen die LINE-Anschlüsse. Selbstverständlich sind die Mischwiderstände R5, R9 beim Balanceeinsteller nicht erforderlich, sie werden durch zwei Drahtbrücken ersetzt, damit das Signal von den Emitterfolgern „ungehindert" zum Ausgang gelangen kann.



Netzteile allgemein

Praxisorientierter Grundlagenbeitrag (2)

In diesem zweiten Teil geht es um solche Gleichrichterschaltungen, die es gestatten, aus einem Trafo mit nur einer Sekundärwicklung zwei Gleichspannungen „herauszuholen“, sowie um Spannungsverdopplung und -Vervielfachung.

Plus und Minus am Ausgang

Was diese Kapitelüberschrift zum Ausdruck bringen soll, ist vielleicht nicht ganz klar, deshalb zunächst eine kurze Erläuterung. Jede Gleichspannungsquelle, ob Batterie, Akku, Solarzelle oder ein Netzgerät, hat einen positiven und einen negativen Pol. In fast allen elektronischen Geräten ist einer der beiden Pole mit dem Chassis des Aufbaus und/oder mit dem Gehäuse des Gerätes verbunden, bei den Halbleiterschaltungen unserer Tage meist „der“ Minus. Dieser Pol wird dann nicht mehr als Minus, sondern als Masse bezeichnet, der andere heißt nach wie vor Plus.

Nun gibt es Schaltungen, wie etwa der 50 W-Verstärker der P.E.-HiFi-Modulserie oder fast alle OpAmp-Schaltungen, die mit einer gegen Masse positiven und mit einer gegen Masse negativen Spannung versorgt werden müssen. Auf die hierfür geeigneten Netzteile bezieht sich obige Kapitelüberschrift.

Sind die beiden Spannungen dem Betrag nach gleich groß, so spricht man von symmetrischen Spannungen. Solche lassen sich mit nur einer Sekundärwicklung erzeugen, wie Bild 5 zeigt. Hier sind einfach zwei Einweggleichrichter an die gemeinsame Sekundärwicklung des Netztrafos angeschlossen.

Betrachtet man als positive Halbwelle der sekundären Wechselspannung diejenige Phase, während der am oberen Anschluß der Wicklung die Spannung positiv gegen den unteren Anschluß ist, so leitet während der positiven Halbwelle die Diode D1 und lädt den Kondensator C1 auf: anschließend, während der negativen Halbwelle, wird über D2 der Elko C2 geladen. An den beiden Kondensatoren entstehen Gleichspannungen mit der auf Masse bezogenen, eingezeichneten Polarität.

Beiden Spannungen haftet der für Einweggleichrichtung bekannte Nachteil an, aber man darf nicht übersehen, daß in dieser Schaltung beide Halbwellen, die positive und die negative genutzt werden. Deshalb läßt sich hier auch mit zwei Brückengleichrichtern keineswegs mehr erreichen; mehr soll hier heißen: zwei Gleichspannungen, eine positive und eine negative, mit den Eigenschaften der Zweiweggleichrichtung.

In Bild 6 wird (bitte nur in Gedanken) der Versuch unternommen, mit einer sekundären Trafowicklung und zwei Brückengleichrichtern zwei zweiweggleichgerichtete Spannungen zu erzeugen. Verfolgt man die fett gezeichnete Linie, so ist zu sehen, daß bei der positiven Halbwelle am unteren Wicklungsende A die gesamte Wicklung über die Diodenstrekken D4 und D5 kurzgeschlossen ist. Bei der negativen Halbwelle an A fließt der Kurzschlußstrom über die Dioden D3 und D6. Das Ergebnis dieses Versuches, der aus ersichtlichem Grund nur theoretisch durchgeführt werden darf: zwei kaputte Brückengleichrichter. Es gilt für solche Experimente der Grundsatz: Nie dürfen zwischen den Wicklungsanschlüssen die Dioden in gleicher Richtung liegen, sie bilden unabhängig von der Last einen eigenen „Laststromkreis“, können aber den Strom, der dann fließt, nicht verkraften, weil es praktisch ein Kurzschlußstrom ist.

Für Zweiweggleichrichtung ist ein Netztransformator mit zwei gleichen Sekundärwicklungen erforderlich, wenn zwei symmetrische Spannungen mit inverser Polarität erzeugt werden sollen. Für solche Zwecke gibt es auch Trafos, die eine sogenannte Sekundärwicklung mit Mittelanzapfung haben (Bild 7). Im Unterschied zu der Schaltung Bild 2 (Teil 1) fehlt hier die Last, dafür sind die Ladekondensatoren eingezeichnet, aber dies ist nebensächlich. Wichtig ist die Erweiterung um zwei Dioden, die jetzt auch die negativen Halbwellen an beiden Wicklungsenden nutzen, es sind die Dioden D1 und D4 in Bild 7. Sie arbeiten gemeinsam auf den Ladekondensator C2, an dem die geglättete, negative Spannung entsteht.

Diese Schaltung enthält einen „Gag“, der auf den ersten Blick kaum auffällt.

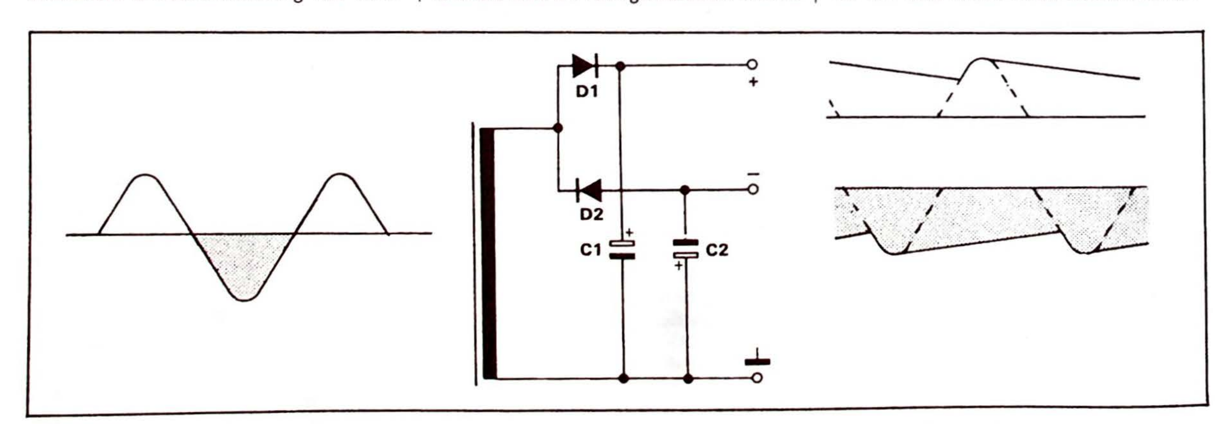


Bild 5. *Die einfachste Schaltung zur Erzeugung einer symmetrischen Spannung kombiniert zwei normale Einweggleichrichter.*

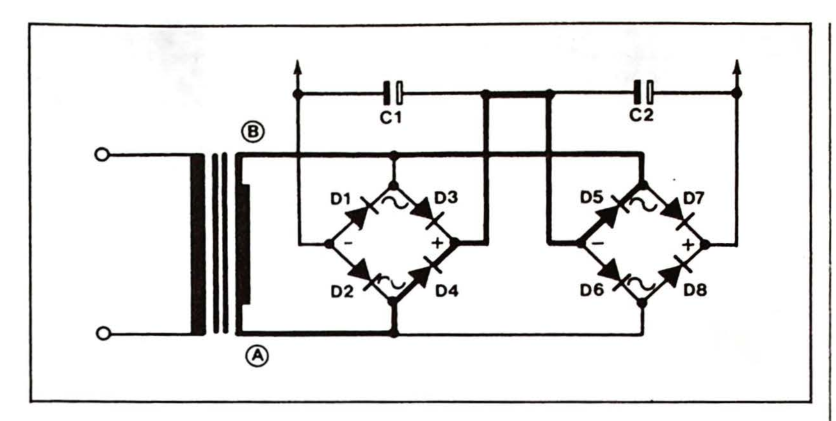


Bild 6. *Falsch! Die Darstellung ist kein Schaltungsvorschlag, sondern soll zeigen, warum Zweiweggleichrichtung für zwei Spannungen aus nur einer Wicklung nicht geht.*

In Bild 8 ist dieselbe Schaltung in anderer Darstellung zu sehen: Die vier Dioden sind zusammengeschaltet wie ein Brückengleichrichter, wie er sonst zur Zweiweggleichrichtung bei einer einzelnen Trafowicklung dient. Man kann somit zwei symmetrische Spannungen erzeugen, indem man einen Brückengleichrichter in passender Weise an einen Trafo mit Mittelanzapfung schaltet.

In der Praxis kann es gelegentlich vorkommen, daß ein Print den Einbau eines Brückengleichrichters vorsieht, man aber nicht den passenden hat oder preiswert an Einzeldioden des Typs 1 N 4004 o.ä. kommen kann. Bild 9 zeigt, wie in einem solchen Fall der Print zu bestükken ist. Zu beachten: Es gibt auch Brükkengleichrichter mit anderer Anschlußbelegung!

Spannungsverdopplung

Der Speisespannungsbereich von elektronischen Geräten ist nach oben hin zwar weit offen, aber es sind nur wenige, speziellere Gerätegattungen, die Speisespannungen über ca. 30 Volt benötigen. Wenn eine solche Spannung aber gefordert wird, steht man oft dumm da, weil es nicht einfach ist, an einen passenden Netztrafo zu kommen. In anderen Fällen kann man manchmal einen vorhandenen, von der „Größe" (Leistung) her durchaus passenden Trafo nicht einsetzen, weil die Wicklungsspannung zu niedrig ist.

Oft kann man in solchen Fällen Spannungsverdopplung anwenden. Bild 10 zeigt die einfachste Spannungsverdopplerschaltung.

Die Anordnung hat sehr viel Ähnlichkeit mit der Schaltung in Bild 5. Sie ist nur anders gezeichnet, und die Masse als Bezugspunkt für die Ausgangsspannung ist ein anderer Schaltungspunkt als in Bild 5. Die Diode D1 mit ihrem Ladekondensator C1 ist ein Einweggleichrichter, über

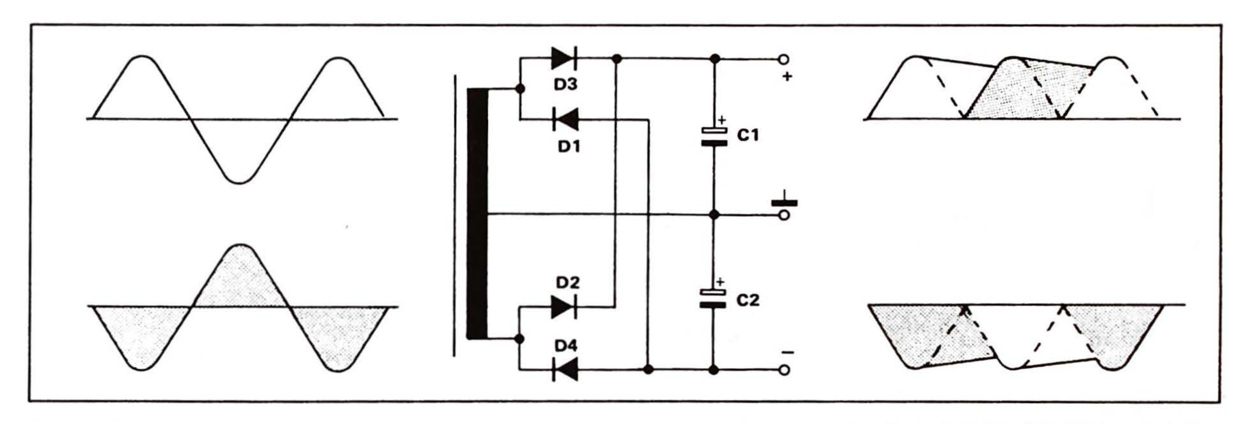


Bild 7. *Hat der Netztrafo eine Mittelanzapfung, so kann man mit nur vier Dioden, wie bei einer einfachen Schaltung mit Brükkengleichrichter, zwei symmetrische Spannungen erzeugen, die beide zweiweggleichgerichtet sind.*

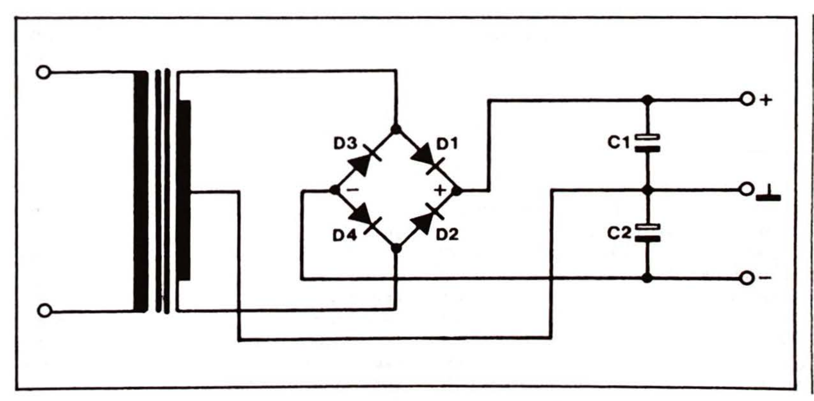


Bild 8. *Die Schaltung aus Bild 7 in anderer Darstellung. Die Dioden bilden eine Brücke.*

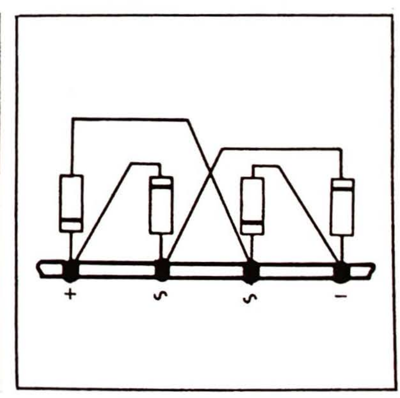


Bild 9. *Brücke ersetzt durch vier Dioden.*

dem Elko entsteht eine positive Spannung. D2 und C2 bilden einen einfachen Gleichrichter für die andere Halbwelle, so daß an C2 eine negative Spannung entsteht. Spannungen kann man in Reihe schalten, das ist hier geschehen. So, wie bei einer Reihenschaltung von Batterien der Pluspol der einen Batterie mit dem Minuspol der anderen verbunden werden muß, sind hier der positive Anschluß von C2 und der negative von C1 zusammengeschaltet.
Zwischen den Punkten A und B tritt somit die doppelte Spannung auf, bezogen auf eine einfache Gleichrichterschaltung. Die Gesamtspannung wird mit einem dritten Elko C3 zusätzlich geglättet.
Eine solche Verdopplerschaltung kommt hauptsächlich für Verbraucher mit niedriger Stromaufnahme infrage.

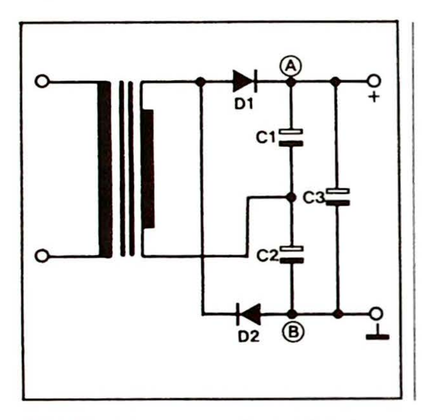


Bild 10. *Spannungsverdopplerschaltung, die mit nur einer Sekundärwicklung auskommt.*

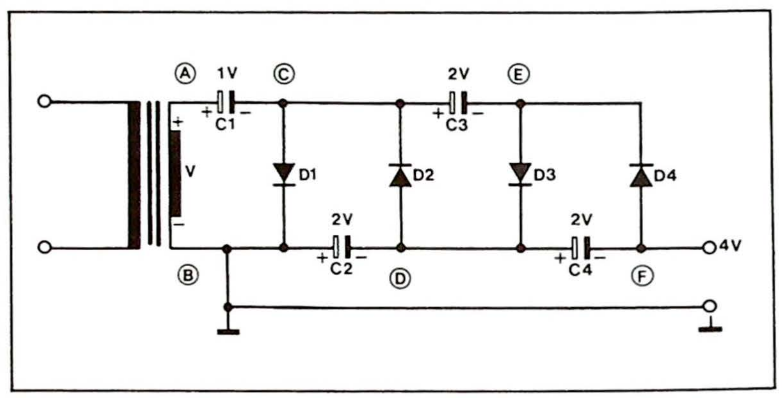


Bild 11. *Eine sogenannte Kaskadenschaltung, auch Spannungsvervielfacher genannt. Mit je zwei weiteren Kondensatoren und Dioden kann man die Ausgangsspannung schrittweise erhöhen, auch die erreichten Zwischenwerte stehen zur Verfügung.*

Kaskadenschaltung

Für die Erzeugung sehr hoher Gleichspannungen ohne Zuhilfenahme spezieller Generatoren gibt es nur eine Möglichkeit: Hochtransformieren, die Sekundärwicklung eines Trafos muß eine höhere Windungszahl haben als die primäre. Ist man erst einmal hoch oben, dann kann man allerdings noch etwas tun, nämlich Ladekondensatoren und Gleichrichterdioden zu einer Kaskade zusammenschalten.
Die in Bild 11 angegebene Schaltung erzeugt eine Spannung, die den vierfachen Betrag des Scheitelwertes der Wechselspannung an der sekundären Trafowicklung hat.
Dem Verfahren liegt ein System zugrunde: In regelmäßiger Folge liegen geladene Kondensatoren mit der Trafowicklung in Reihe, es wird ein weiterer Kondensator geladen, dessen Spannung sich zu der Spannung des bereits geladenen Kondensators addiert.
Die Betrachtung beginnt mit der positiven Halbwelle an Punkt A, über D1 wird C1 während dieser Zeit auf den Scheitel- (Spitzen-) Wert der Wechselspannung geladen.
Während der folgenden negativen Halbwelle ist Punkt A negativ gegen B, zu der Wicklungsspannung liegt die Spannung des geladenen Elkos C1 in Reihe, es tritt also während dieser Phase eine Spannung an der Reihenschaltung Wicklung/C1 auf, die den doppelten Betrag der Ladespannung des Elkos hat. An der hier so genannten Reihenschaltung, die man als Spannungsquelle auffassen kann, liegt die Reihenschaltung aus C2/D2, während die Diode D1 jetzt außer Betracht bleibt, weil sie sperrt. Die Polaritätsverhältnisse sind so, daß über D2 der Elko C2 auf die Gesamtspannung geladen wird. Hat der Scheitelwert der Wechselspannung einen Betrag „V“, so wird C2 auf 2 V geladen.
Würde man Punkt D als Ausgang der Schaltung ansehen, so steht hier, bezogen auf Masse, eine negative Spannung von 2 V zur Verfügung.
Jetzt kommt wieder eine positive Halbwelle, die Spannung an der Wicklung hat wieder die eingezeichnete Polarität. Die Spannung am Elko C1 hat die „falsche“ Polarität, sie subtrahiert sich von der Wicklungsspannung, so daß Diode D1 spannungslos ist, d.h. bis auf eine evtl. erforderliche „Nachladung“ von C1 tut D1 nichts, sie ist stromlos und kann ausser Betracht bleiben, ebenso wie D2, sie liegt mit falscher Polarität an der Spannung. An welcher Spannung?
In dieser Phase besteht der Stromkreis aus der Reihenschaltung: Wicklung, C1, C3, D3 und C2. Die Spannungen von C1 und der Wicklung heben sich auf, somit wird nur eine Spannung von 2 V (über C2) wirksam; über die Diode D3 wird C3 auf diese Spannung geladen.
Nach der nächsten negativen Halbwelle ist über D4 auch Elko C4 auf 2 V geladen.
Dieses Spielchen kann man beliebig fortsetzen. Dabei wird mit jedem Doppelschritt (je zwei weitere Dioden und Elkos) die Spannung 2 V eines Elkos C2, C4, C6 usw. zu den bereits vorhandenen Spannungen in Reihe geschaltet. Mit dem in Bild 11 gewählten Punkt B als Massepunkt kommen als Ausgänge nur die Punkte D und F infrage, denn in der oberen C-Schiene mit den Punkten A, C und E tut sich etwas Fürchterliches: Wiederum bezogen auf B schwanken alle Spannungen im Takt der Wechselspannung an der Sekundärwicklung. Es sind somit nur die Spannungen in der unteren C-Schiene nutzbar, im Beispiel also nur die Spannungen −2 V (D) und −4 V (F), unter Beibehaltung des Massepunktes. Aber dazu zwingt einen ja niemand:
+4 V: F = Masse, B = Ausgang;
−1 V: A = Masse, C = Ausgang;
+3 V: E = Masse, A = Ausgang;
+2 V/−2 V: D = Masse, B = +, F = −
Das hört sich alles toll an, und man könnte sich fragen, warum solche Schaltungen nicht häufiger anzutreffen sind. Zunächst ist dazu zu bemerken, daß die Spannungen im allgemeinen stabilisiert werden müssen. Das läßt sich aber in der Kaskadenschaltung nicht generell für alle Spannungen machen, sondern immer nur für eine. Der erforderliche Aufwand wäre nicht zu vertreten.
Der andere Nachteil: Die Schaltung ist nicht besonders belastbar, je länger die Kaskade ist, um so mehr geht die Spannung bei Belastung in die Knie. Anwendungen sind nur sinnvoll, wenn der Laststrom nicht höher als einige -zig Milliampere ist.
Trotzdem gibt es eine typische Anwendung, nämlich zur Strahlspannungserzeugung in Fernsehgeräten und in Oszilloskopen. Es lassen sich Spannungen von einigen -zig Kilovolt erzeugen, allerdings geht man von sekundären Trafospannungen in der Größenordnung von 1 Kilovolt aus.

(wird fortgesetzt)

Leistungsblinker für 12V

Eine einfache Schaltung

Nach dem 220 V–Netz ist der 12 V-Akku der am meisten verbreitete Lieferant für elektrische Energie. Hier ist eine Schaltung, die in Betriebsspannung und Leistungsaufnahme auf den 12 V–Akku gemünzt ist: ein leistungsfähiger Blinker. Er benutzt konsequenterweise eine Autolampe 12 V/21 W. Gesteuert wird die Lampe über einen Leistungstransistor, der von einem astabilen Multivibrator seine Schaltbefehle bekommt; eine einfache und vollkommen ungefährliche Schaltung.

Bimetall– und elektronischer Blinker

Es gibt Lampen, die man als „selbstblinkend“ bezeichnen könnte. Bild 1 erläutert ihre Funktionsweise. S2 ist ein Schalter, dessen beweglicher Kontakt aus einem sogenannten Bimetall- (Zweimetall-) Streifen besteht. Zwei verschiedene Metalle mit unterschiedlichen Wärme-Ausdehnungskoeffizienten bilden diesen Streifen.
Im kalten Zustand ist der Kontakt geschlossen. Wird die Lampe eingeschaltet, so steigt die Temperatur des Bimetallkontaktes, der sich im Lampenkolben befindet, durch die Wärmestrahlung des Glühfadens. Aufgrund der unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten biegt sich der Streifen, der Kontakt öffnet und unterbricht den Lampenstrom. Der Streifen kühlt sich ab, bis der Kontakt wieder schließt: ein thermoelektrisches Schwinggebilde.
Bild 2 zeigt den zeitlichen Verlauf der Ein- und Ausschaltvorgänge.
Der elektronische Blinker muß sich ebenso verhalten wie die selbstschwingende Lampe. Die Elektronik bietet jedoch Vorteile, weil man die Blinkfrequenz und das Tastverhältnis (Einschaltdauer im Verhältnis zur Periodendauer) in weiten Grenzen frei wählen kann.

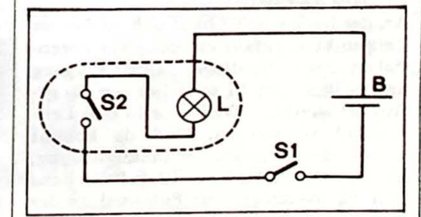


Bild 1. *Ein schwingfähiges Gebilde, das mechanische Schwingungen (Kontakt S2), optische (blinkende Lampe), kalorische und elektrische macht.*

Bild 3 zeigt die gesamte elektronische Blinkermimik. Die Schaltung ist zwar insgesamt gesehen recht einfach, aber es ist doch erstaunlich viel Aufwand erforderlich, um die selbstschwingende Lampe zu ersetzen. Das liegt daran, daß die 12 V/21 W-Lampe immerhin fast 2 A Strom aufnimmt, somit sind in der Schaltung auch Leistungsbauelemente erforderlich.
Die Elektronik besteht aus zwei Funktionsgruppen, nämlich dem aus den beiden Transistorstufen T1, T2 aufgebauten, sogenannten astabilen Multivibrator, der selbständig schwingt, und zwei hintereinandergeschalteten Leistungstransistoren. Die Elektronik wurde früher gelegentlich als „Schwachstromtechnik“ bezeichnet, die Elektroniker waren im Laborjargon „Schwachströmer“. Der astabile Multivibrator ist seinerseits ein Schwachströmer, seine Transistorstufen

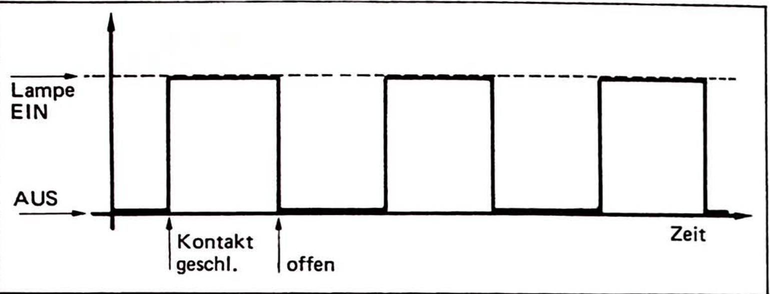


Bild 2. *Der Lampenstrom im zeitlichen Verlauf. Der Bimetallkontakt ist ein einfacher EIN/AUS-Schalter.*

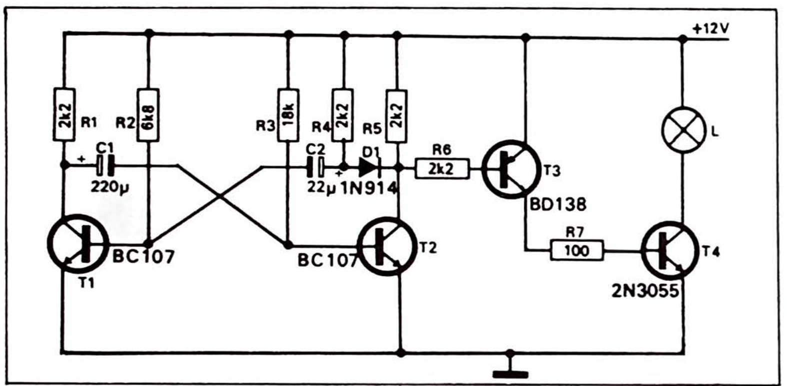


Bild 3. *Gesamtschaltung. Der Kollektor von T2 ist der Ausgang des astabilen Multivibrators, jedoch kann dieser Schaltungspunkt nicht den hohen Lampenstrom liefern. Deshalb folgen noch zwei Transistorstufen zur Stromverstärkung.*

Stückliste

WIDERSTÄNDE 1/4 Watt, 5%

R1, R4,
R5, R6 = 2,2 k-Ohm
R2 = 6,8 k-Ohm
R3 = 18 k-Ohm
R7 = 100 Ohm, 1/2 Watt

KONDENSATOREN

C1 = 220 µF, 16 V, lieg. Ausf.
C2 = 22 µF, 16 V, lieg. Ausf.

HALBLEITER

D1 = 1 N 4148
T1, T2 = BC 107 o. äquiv., z.B. BC 547
T3 = BD 138
T4 = 2 N 3055 o. BD 130

SONSTIGES

4 x Lötstifte RTM
4 x Steckschuhe RF
4 x Abstandsröhrchen 20 mm
4 x Schrauben M3x30
3 x Schrauben M3x10
7 x Muttern M3
1 x Schalter 1 x EIN
1 x Gehäuse Teko P/3
1 x Print nach Bild 5/6

haben nur eine geringe Stromaufnahme und können nicht viel Strom liefern. Deshalb ist am Ausgang des Multivibrators der zweite Teil der Schaltung angeschlossen, die beiden in Reihe geschalteten Leistungstransistoren T3 und T4.

AMV – der Astabile Multivibrator

Die beiden Transistoren im astabilen Multivibrator - BC 107 oder BC 547 - arbeiten als Schalter, es gibt für sie nur zwei Betriebszustände: leiten oder sperren. Welchen Zustand die Transistoren einnehmen, hängt von den Befehlssignalen ab, die auf die Basis gelangen. Da es sich um Siliziumtransistoren handelt, muß die Basisspannung ca. 0,7 Volt betragen, damit die Kollektor/Emitter-Strecke leitend wird.

In der Kollektorleitung jedes Transistors liegt der übliche Arbeitswiderstand (R1, R5). Die Basis ist in beiden Fällen über Widerstände mit dem Pluspol der Speisespannung verbunden. Somit kann Basisstrom fließen, die Basis/Emitter-Strecke stellt sich auf ihre 0,7 Volt Schwellenspannung ein.

Sollte man auf den ersten Blick meinen, aber der Multivibrator ist ein dynamisches Gebilde, dafür sorgen die beiden Elkos C1 und C2. Der mit der größeren Kapazität, C1, liegt an der Basis von T2. Schaltet man die Speisespannung ein, so dauert es an der Basis von T2 länger, bis sich der Kondensator auf 0,7 Volt geladen hat, weil die Kapazität hier größer ist. Infolgedessen geht T1 zuerst in den Leitzustand. Das bedeutet: Der Kollektor, an dem sich nach dem Einschalten der Speisespannung ein Potential aufbauen will, wird spontan auf Masse gelegt. Diesen Sprung der Spannung von einem positiven Wert nach Null überträgt der Elko C1 auf die Basis von T2. Kondensatoren sperren Gleichspannungen, sie haben im Idealfall einen unendlich hohen Gleichstromwiderstand, aber Spannungsänderungen, wie der hier auftretende Sprung, werden übertragen. Dieser Spannungssprung wird als negativ bezeichnet, weil die Spannungsänderung von Plus nach Masse gerichtet ist.

An der Basis von T2 baut sich zu diesem Zeitpunkt ebenfalls ein positives Potential auf, das allerdings, da der Vorgang an der Basis von T1 schneller war, zu gering ist, um den Transistor in den Leitzustand zu steuern. Und da kommt schon der negative Spannungssprung, den C1 vom Kollektor T2 auf die Basis von T2 überträgt. Das Potential an der Basis von T2 nimmt schlagartig ab, T2 wird jetzt eindeutig gesperrt.

Damit herrschen zu diesem Zeitpunkt, kurz nach dem Einschalten der Speisespannung, klare Verhältnisse: T1 leitet, T2 sperrt. Der Kollektor von T2 liegt auf dem Potential der Speisespannung, ist also positiv, denn in der Stufe T2 fließt kein Strom, an R5 entsteht gegenüber Plus kein Spannungsabfall.

Anschließend lädt sich der Elko C1 über R3 auf, dabei entsteht an seinem rechten Belag zunehmend positives Potential. Sobald ein Wert von 0,7 Volt ereicht ist geht Transistor T2 in den Leitzustand, seine Kollektorspannung wird Null. Dieser Vorgang ist ebenfalls ein negativer Spannungssprung, der sich über Elko C2 auf die Basis des bis dahin leitenden T1 überträgt. Jetzt sperrt T1, während T2 leitet; die Rollen sind vertauscht. Die Bauelemente R4 und D1 sorgen dafür, daß die Spannung am Kollektor von T2 sehr schnell von Null Volt auf positive Spannung umgeschaltet wird.

Da sich der beschriebene Vorgang, der ständige Rollentausch der beiden Transistoren, fortwährend wiederholt, entsteht am Kollektor eine Rechteckspannung, die beiden Potentiale, zwischen denen der Kollektor stetig umgeschaltet wird, lauten Masse und 12 Volt.

Die Frequenz der erzeugten Rechteckspannung kann man in weiten Grenzen wählen, maßgebliche Bauelemente sind die beiden Elkos und bei den Widerständen namentlich R2 und R3.

Wie bereits erwähnt, kann der astabile

Multivibrator nicht viel Strom an einen am Kollektor von T2 angeschlossenen Verbraucher abgeben. Deshalb liegt an diesem Schaltungspunkt über einen Strombegrenzungswiderstand R6 ein Transistor T3, der im Takt der Multivibratorfrequenz geschaltet wird. Wenn der Kollektor von T2 gerade positives Potential hat, dann sperrt T3, weil er ein NPN-Typ ist. Bei Massepotential an T2 fließt der geringe Basisstrom von T3 zusätzlich über T2 nach Masse.

Der Kollektorstrom von T3 fließt über R7 in die Basis von T4, dies ist der eigentliche Leistungstransistor, der den Strom für die Lampe liefert. Da er nur dann leitet (Basisstrom zieht), wenn T3 leitet, arbeitet auch T4 im Schalterbetrieb und läßt die Lampe L blinken.

Man kann sich fragen, warum hier gleich zwei Leistungstransistoren eingesetzt werden. Nun - ebensowenig, wie man einen 2000 W-Heizofen mit einem Nachttischlampenschalter ein- und ausschalten kann, läßt sich mit einem kleinen Transistor wie BC 107 eine 21 W-Lampe schalten.

Durch den BC 107 z.B. sollte man über längere Zeit höchsten einige -zig Milliampere schicken. Im astabilen Multivibrator z.B. hat im Leitzustand des Transistors T2 der Kollektorstrom einen Betrag von ca. 10 Milliampere. Beim T3, der schon wesentlich kräftiger gebaut ist, beträgt der Kollektorstrom bereits 120 Milliampere, und dieser Strom fließt in die Basis von T3, der in seiner Kollektor/Emitterstrecke fast 2 Ampere daraus macht. Der gesamte Stromverstärkungsfaktor der beiden Leistungstransistor liegt in dieser Schaltung bei etwa 300. Dieser Wert ist im Leistungsbereich nicht mit einer einzelnen Transistorstufe zu erzielen, nur „kleine" Transistoren wie BC 107...109 erreichen Stromverstärkungsfaktoren in dieser Größenordnung.

Bauhinweise

Da die Schaltung sehr einfach im Nachbau ist und sich deshalb für Anfänger gut eignet, werden hier einige elementare Dinge, die für die richtige Printbestükkung wichtig sind, noch einmal kurz besprochen.

Beim Einlöten von Transistoren ist auf die Anschlußbelegung zu achten. Insbesondere dann, wenn man sogenannte

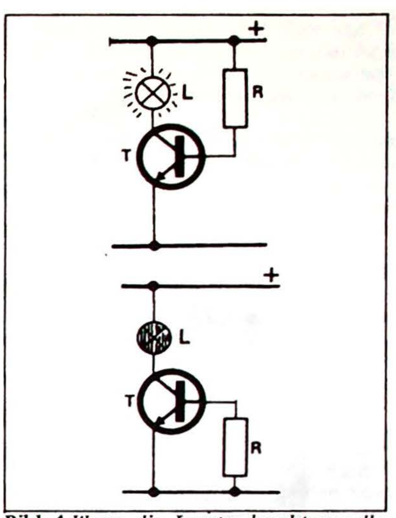


Bild 4. *Wenn die Lampe leuchten soll, muß (z.B. über Widerstand R) Strom in die Basis des Transistors fließen können; unten ist R falsch geschaltet.*

Äquivalent- oder Austauschtypen beim Händler bekommen hat, ist nicht immer gewährleistet, daß auch die Anschlußbelegung mit den vorgesehenen Typen übereinstimmt.

Dioden und Elkos sind polarisiert, sie dürfen nur in einer der beiden möglichen Einbaulagen auf den Print kommen.

Beim 2 N 3055 (oder BD 130) ist das der Kollektor. Zwischen dem Gehäuse und der mit k bezeichneten Lötinsel des Prints muß über die Befestigungsschraube der elektrische Kontakt zustande kommen. Es empfiehlt sich, die Mutter auf der Kupferseite anzulöten.

Ein Test des fertig bestückten Prints ist mit einem Netzgerät oder z.B. auch mit drei hintereinandergeschalteten 4,5 Volt-Flachbatterien möglich, eine 12 V/3 W-Autolampe reicht für den Test aus.

Die Schaltung kann, wenn sie funktioniert, in ein Gehäuse eingebaut werden. Als Last wurde für das Labormodell eine Nebelschlußleuchte beschafft (Montage siehe Foto Seite 21).

Welche Anschlüsse zwischen der 12 V-Spannungsquelle, dem Print und der Lampe herzustellen sind, geht aus dem Bestückungsplan Bild 6 hervor. Wenn Plus und Minus nicht vertauscht werden, kann so leicht nichts schief gehen.

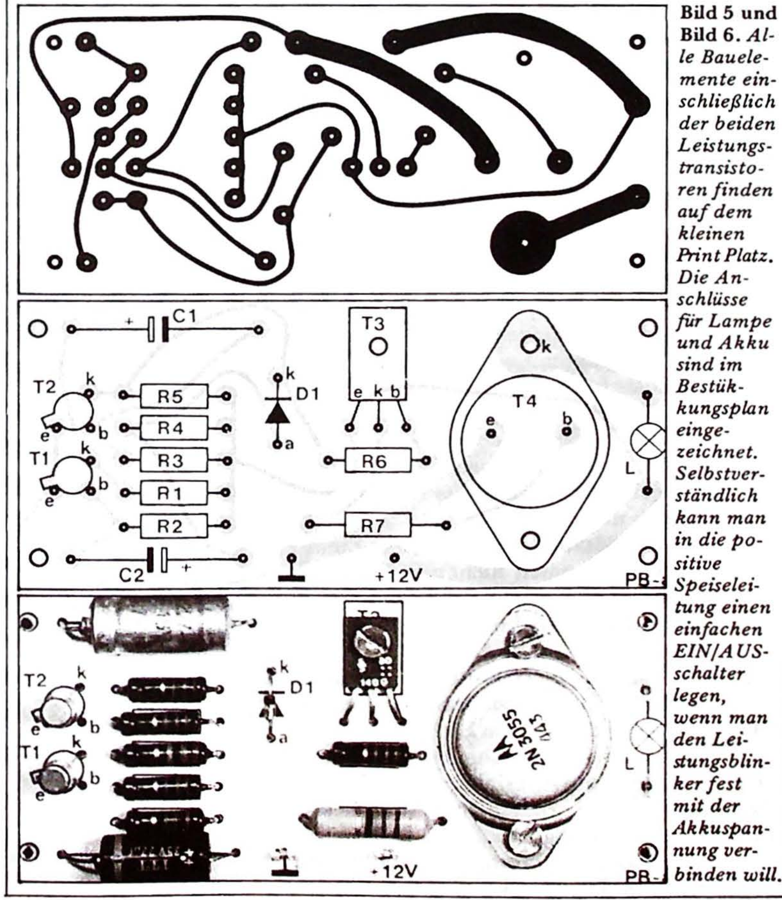
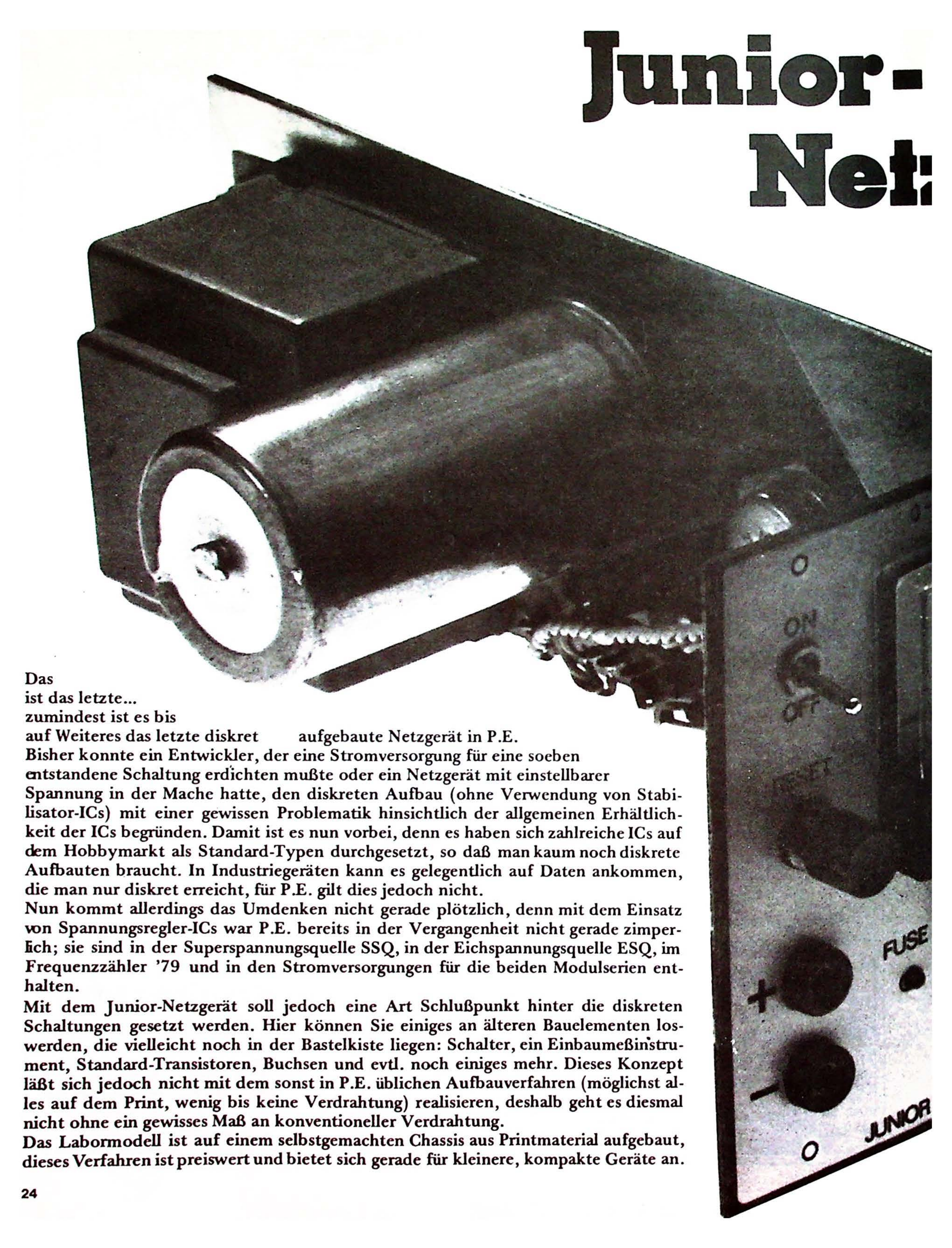


Bild 5 und Bild 6. *Alle Bauelemente einschließlich der beiden Leistungstransistoren finden auf dem kleinen Print Platz. Die Anschlüsse für Lampe und Akku sind im Bestükkungsplan eingezeichnet. Selbstverständlich kann man in die positive Speiseleitung einen einfachen EIN/AUS-Schalter legen, wenn man den Leistungsblinker fest mit der Akkuspannung verbinden will.*

Baukosten-Voranschlag

DM 16,50

ohne Lampe



Junior-Net

Das
ist das letzte...
zumindest ist es bis
auf Weiteres das letzte diskret aufgebaute Netzgerät in P.E.

Bisher konnte ein Entwickler, der eine Stromversorgung für eine soeben entstandene Schaltung erdichten mußte oder ein Netzgerät mit einstellbarer Spannung in der Mache hatte, den diskreten Aufbau (ohne Verwendung von Stabilisator-ICs) mit einer gewissen Problematik hinsichtlich der allgemeinen Erhältlichkeit der ICs begründen. Damit ist es nun vorbei, denn es haben sich zahlreiche ICs auf dem Hobbymarkt als Standard-Typen durchgesetzt, so daß man kaum noch diskrete Aufbauten braucht. In Industriegeräten kann es gelegentlich auf Daten ankommen, die man nur diskret erreicht, für P.E. gilt dies jedoch nicht.

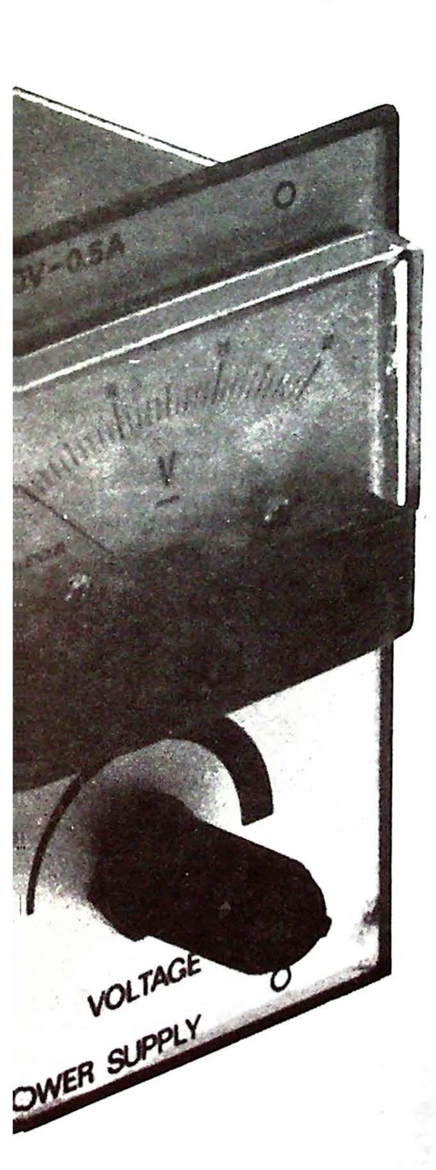
Nun kommt allerdings das Umdenken nicht gerade plötzlich, denn mit dem Einsatz von Spannungsregler-ICs war P.E. bereits in der Vergangenheit nicht gerade zimperlich; sie sind in der Superspannungsquelle SSQ, in der Eichspannungsquelle ESQ, im Frequenzzähler '79 und in den Stromversorgungen für die beiden Modulserien enthalten.

Mit dem Junior-Netzgerät soll jedoch eine Art Schlußpunkt hinter die diskreten Schaltungen gesetzt werden. Hier können Sie einiges an älteren Bauelementen loswerden, die vielleicht noch in der Bastelkiste liegen: Schalter, ein Einbaumeßinstrument, Standard-Transistoren, Buchsen und evtl. noch einiges mehr. Dieses Konzept läßt sich jedoch nicht mit dem sonst in P.E. üblichen Aufbauverfahren (möglichst alles auf dem Print, wenig bis keine Verdrahtung) realisieren, deshalb geht es diesmal nicht ohne ein gewisses Maß an konventioneller Verdrahtung.

Das Labormodell ist auf einem selbstgemachten Chassis aus Printmaterial aufgebaut, dieses Verfahren ist preiswert und bietet sich gerade für kleinere, kompakte Geräte an.

zgerät

30V/0,5A



So funktioniert das Junior – Netzgerät

Dieses Netzgerät nutzt die typische Eigenschaft von Zenerdioden aus, die eine Spannung ohne viel Aufwand einigermaßen konstant halten können. Die Stabilität der Spannung ist noch viel besser, wenn man einen Konstantstrom durch die Zenerdiode fließen läßt.

Bild 1 zeigt die Blockschaltung. Ein Netztrafo erzeugt aus der 220 V-Wechselspannung eine passende, niedrigere Wechselspannung, die in üblicher Weise gleichgerichtet und geglättet wird.

Die so erzeugte Gleichspannung ist nicht einstellbar, dazu muß also noch eine entsprechende Maßnahme getroffen werden; außerdem aber hat die Gleichspannung einige nachteilige Merkmale, die sie zur unmittelbaren Speisung der meisten Verbraucher unbrauchbar macht: Die Spannung ändert sich bei Schwankungen der Netzspannung und bei Laständerungen (veränderliche Stromaufnahme des Verbrauchers); es kommt hinzu, daß der Gleichspannung noch eine starke Brummspannung überlagert ist, die bei Belastung ansteigt.

Es erfordert nicht viel Aufwand, aus der unstabilisierten Spannung eine gut stabilisierte zu machen: Man schließt über einen Widerstand eine Zenerdiode an, so daß ein Strom durch die Z-Diode fließen kann. Ändert sich die unstabilisierte Spannung, so ändert sich der Strom, der in der Z-Diode fließt, ebenfalls, jedoch die Spannung über der Diode in wesentlich geringerem Maße. Trotzdem reicht dieser Stabilisierungseffekt hier nicht aus. Er wird erheblich besser, wenn man die Z-Diode aus einer Konstantstromquelle speist. Diese Schaltung wird zwar ebenfalls mit der unstabilisierten Spannung gespeist, jedoch ändert sich ihr Strom, der durch die Z-Diode fließt, nur wenig, wenn die Speisespannung sich ändert.

Parallel zur Z-Diode D1 liegt ein Potentiometer R1. Am Abgriff steht eine Spannung zwischen Null Volt und der Z-Spannung, je nach Stellung des Potis. Die jeweils eingestellte Spannung hat - relativ - die gleiche Stabilität wie die Z-Spannung.

Nun ist die Schaltung fast fertig, weil eine stabilisierte, einstellbare Spannung vorliegt. Aber der vorläufige Schaltungsausgang - der Abgriff des Potis - ist nicht nennenswert belastbar, d.h. er kann nur wenige Milliampere Strom liefern.

Schließt man einen Verbraucher an, der mehr Strom aufnimmt, so bricht die Spannung zusammen, trotz der Stabilisierung. Erforderlich ist also ein Stromverstärker, der aber keinen nachteiligen Einfluß auf die Stabilität der Spannung haben darf. Dieser Stromverstärker ist der in Bild 1 mit „Darlington" bezeichnete Block. Er enthält zwei Transistoren mit in Reihe geschalteten Basis/Emitter-Strecken. An jeder dieser beiden Strekken tritt ein Spannungsabfall von etwa 0,7 V auf, aber wichtig ist nur die Konstanz dieser Spannung, sie ändert sich bei wechselnder Belastung nur sehr wenig. Die Ausgangsspannung ist somit zwar etwas niedriger als die Spannung am Abgriff des Potis, aber praktisch ebenso konstant.

Das Darlington verstärkt den Strom, der vom Potiabgriff in seine Basis fließt, um seinen Stromverstärkungsfaktor. Mit dem Laststrom wird nicht das Poti belastet, sondern unmittelbar das unstabilisierte Netzteil; der Laststrom fließt vom Kollektor zum Emitter und weiter durch den angeschlossenen Verbraucher. Ein solcher Transistor, ob Darlington oder Einzeltransistor, braucht in seinem Laststromkreis einen Widerstand. Dies ist der angeschlossene Verbraucher. Der Widerstand darf nicht zu niedrig oder gar Null Ohm sein, dann wird nämlich der Laststrom so hoch, daß er die Transistoren zerstört. In der Praxis kann eine solche Überlastung sehr leicht passieren, weil mit einem Netzgerät im allgemeinen Versuchsaufbauten gespeist werden. Deshalb ist unten im Laststromweg eine elektronische Überstromsicherung vorgesehen.

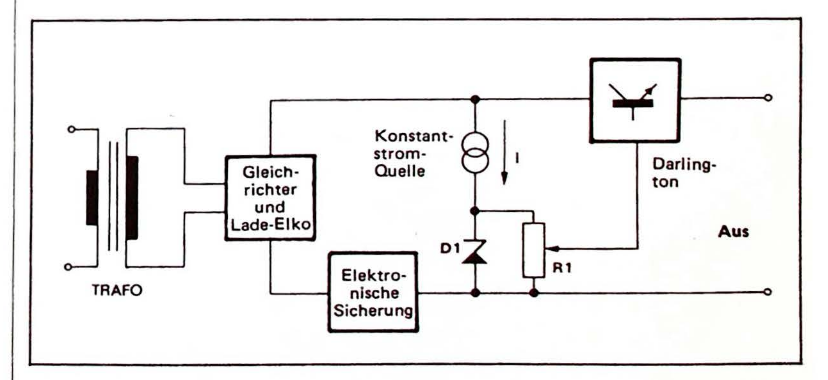


Bild 1. *Blockschaltbild des Junior-Netzgerätes. Eine konstantstromgespeiste Zener-Diode erzeugt eine Referenzspannung, die einen Darlingtontransistor steuert.*

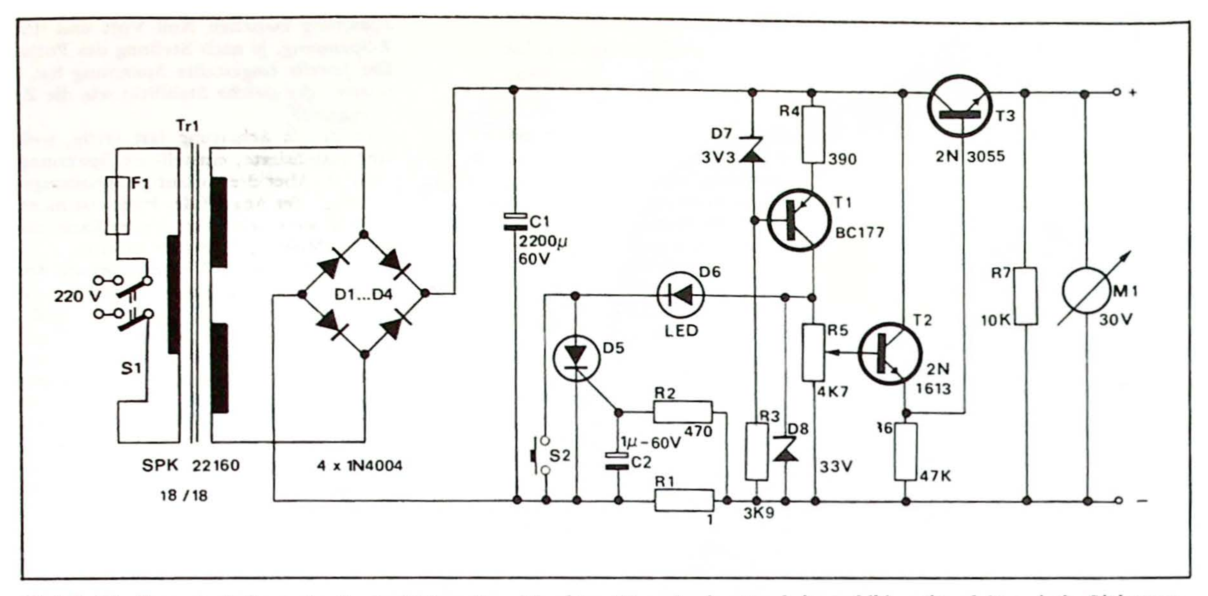


Bild 2. *Die Gesamtschaltung des Junior-Netzgerätes. Thyristor T5 und seine Beschaltung bilden eine elektronische Sicherung.*

Gesamtschaltung

Auf die detaillierte Besprechung der einzelnen Funktionsgruppen wird verzichtet, weil fast alles in P.E. schon einmal da gewesen ist.

Im Primärstromkreis des Netztrafos liegen ein Netzschalter und eine Feinsicherung. Der vorgesehene Trafo hat zwei Sekundärwicklungen von je 18 V, die Wicklungen sind in Reihe geschaltet, so daß sekundär eine Gesamtspannung von 36 V zur Verfügung steht. Wer einen Netztrafo mit den Daten 30...36 V/0,5 A hat und auf die Printmontage verzichtet, kann diesen Trafo nehmen.

An den Anschlüssen des dicken Ladekondensators C1 steht die unstabilisierte Speisespannung.

Die Zenerdiode, an der die konstante Spannung erzeugt wird, ist D8 mit der Z-Spannung 33 V. Parallel zu dieser Z-Diode liegt das Poti R5, mit dem die Ausgangsspannung des Netzgerätes eingestellt wird.

Die Konstantstromquelle, die den Zenerstrom für D8 erzeugt, besteht aus den Bauelementen D7, R3, R4 und T1. In Kurzfassung die Funktionsweise: Der Widerstand R3 sorgt dafür, daß durch die Z-Diode D7 ein Strom fließt. Über den Anschlüssen der Diode entsteht eine konstante Spannung von 3,3 V, und an eben diesen Anschlüssen liegt die Reihenschaltung aus R4 und der Basis/Emitter-Strecke von T1; da auf die Halbleiterstrecke ein Betrag von (konstant) ca. 0,7 V entfällt, steht die Differenz aus 3,3 V und 0,7 V über dem Widerstand R4. Aus der Differenzspannung und dem Widerstandswert errechnet sich der Strom, der in dem Widerstand, durch die Emitter/Kollektor-Strecke und die Z-Diode D8 fließt. Da Differenzspannung und Widerstandswert konstant sind, ist auch der Z-Strom von D8 konstant.

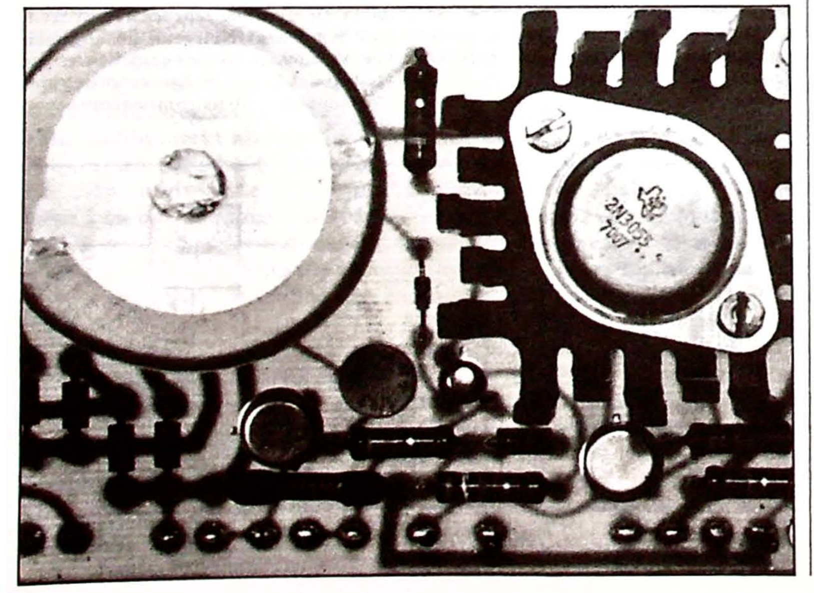
Das Darlington besteht aus den Transistoren T2 und T3. Verfolgt man vom Abgriff des Potis aus die Basis/Emitter-Strecken der beiden Halbleiter, so sieht man, daß sie in Reihe geschaltet sind.

Die Kollektoren beider Stufen liegen an der unstabilisierten Speisespannung.

Die Widerstände R6 und R7 dienen der Stabilisierung der Schaltung bei offenem Ausgang.

Ein 30 V-Einbauinstrument oder ein mit Vorwiderstand entsprechend getrimmtes, empfindlicheres kann am Ausgang angeschlossen werden.

Noch zu besprechen ist die elektronische Sicherung mit dem Thyristor D5. Die Strecke zwischen den beiden Haupt-



Baukosten voranschlag

DM 80,-

ohne Gehäuse

Stückliste

Junior — Netzgerät

WIDERSTÄNDE 1/4 Watt, 5%

R1 = 1 Ohm, 1 Watt
R2 = 470 Ohm
R3 = 3,9 k-Ohm
R4 = 390 Ohm
R5 = 4,7 k-Ohm, Poti lin.
R6 = 47 k-Ohm
R7 = 10 k-Ohm

KONDENSATOREN

C1 = 2200 µF, 60 V, RM 10
C2 = 1 µF, 60 V, RM 5

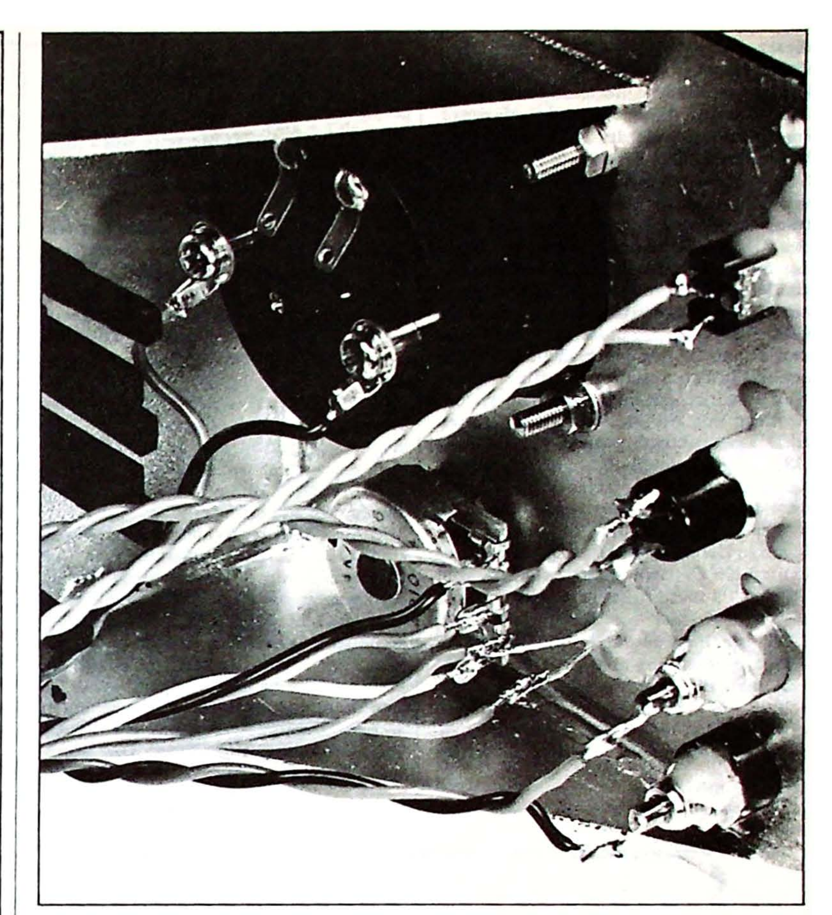
HALBLEITER

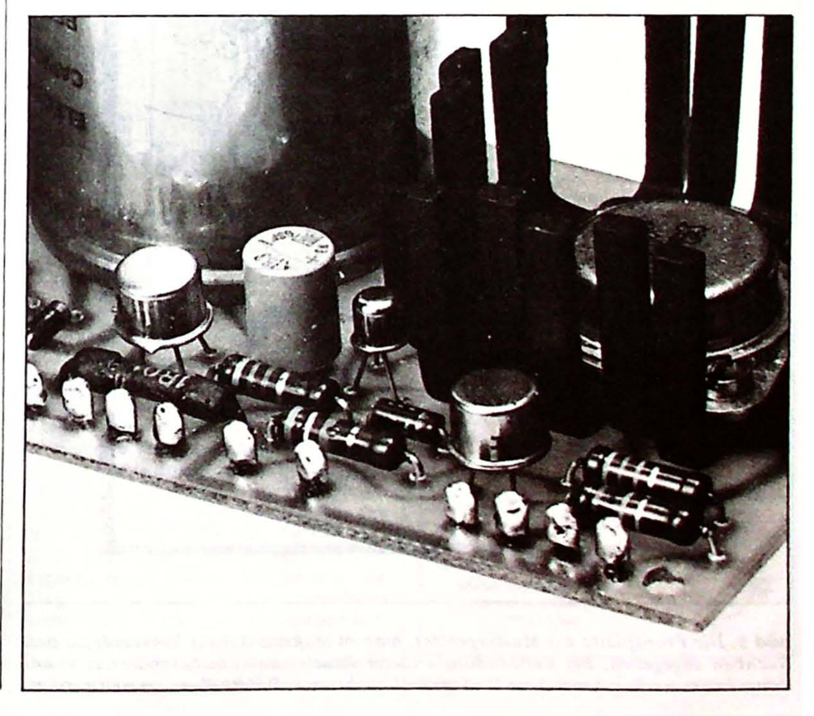
D1, D2,
D3, D4 = 1 N 4004
D5 = Thyristor 100 V/0,8 A o. 400 V/0,8 A, z.B. BRX 46, BRX 49
D6 = LED, rot o. grün, 5 mm
D7 = Z-Diode 3,3 V, 400 mW
D8 = Z-Diode 33 V, 400 mW
T1 = BC 177 o. Äquiv., z.B. BC 557
T2 = 2 N 1613
T3 = 2 N 3055 o. BD 130

SONSTIGES

Tr1 = Printtrafo SPK 22160 18/18, s. auch Text
S1 = Netzschalter 2 x EIN
S2 = Miniatur-Taster, 1 x EIN
F1 = Feinsicherung 315 mA mittel
M1 = Einbau-Meßinstrument 30 V, div. Fabrikate
1 x Sicherungshalter für Printmontage, RM 22,5
1 x Kühlfinger TO-3
1 x Bed.-Knopf für R5
2 x kleine Gerätebuchsen, z.B. Telefon-Buchsen
2 x Schrauben M3x10
2 x Muttern M3
13 x Lötstifte RTM
13 x Steckschuhe RF
1 x Netzkabel mit Schutzerde-Leiter und angegoss. Stecker mögl. mit Zugentlastung
1 x Print nach Bild 4/5

anschlüssen des Thyristors (der obere und der untere Anschluß) ist eine Diode, die jedoch erst dann leitet, wenn der Halbleiter über den dritten Anschluß, das „Gate“ gezündet wird. Zum Zünden muß die Gatespannung auf ca. 0,7 V gebracht werden. Der Thyristor bleibt im Leitzustand, wenn die Gatespannung unter die Zündspannung sinkt. Um den Sperrzustand herbeizuführen, muß man die Spannung zwischen Anode und Kathode ganz wegnehmen, das geschieht in





dieser Schaltung durch Kurzschließen dieser Strecke mit dem Taster S2.
Im Normalzustand der Schaltung sperrt der Thyristor.
Im Laststromkreis des Netzgerätes liegt Widerstand R1 mit dem Wert 1 Ohm. Steigt der Laststrom auf einen Betrag um 0,7 A, dann fällt an R1 eine Spannung von ca. 0,7 V an. Über R2 wird das Gate ständig informiert, wie hoch der Spannungsabfall an R1 ist; bei 0,7 V zündet der Thyristor. R2 bildet mit C2 ein Zeitglied, es verhindert, daß das Gate kurze Störimpulse registriert und der Thyristor bei jeder kleinsten Gelegenheit in den Leitzustand geht.
Was bewirkt der gezündete Thyristor? Er liegt mit der in Reihe geschalteten LED D6 praktisch parallel zur Z-Diode D8, im gezündeten Zustand schließt er die Z-Diode kurz, statt der 33 V steht dem Poti nun nur noch eine Spannung in der Größenordnung 2...3 V zur Verfügung. Damit sperrt das Darlington, es kann kein Laststrom mehr fließen, weil T2 und T3 nicht mehr gesteuert werden.
Der Thyristorstrom fließt durch die LED, sie leuchtet und zeigt damit an: Ausgangsspannung abgeschaltet.
Hat man die Störung - meist ein Kurzschluß des Geräteausgangs - behoben, so erscheint die eingestellte Ausgangsspannung wieder, sobald man den Taster betätigt.

Bauhinweise

Bild 4 zeigt die Kupferseite des Prints, der für das Junior-Netzgerät entwickelt wurde, in Bild 5 ist zu sehen, wo welche Bauelemente hingehören.
Als Trafo ist ein ganz spezieller Typ vorgesehen, der auf den Print paßt. Kann man diesen Trafo nicht beschaffen (s. Stückliste), so tut es auch ein anderer mit passenden Daten (sie wurden bereits genannt); der Trafo muß dann natürlich an anderer Stelle im Gerät montiert werden.
Auf dem Print ist unten rechts eine Drahtbrücke vorgesehen (Bild 5). Bei dem gegebenen Layout, für das ursprünglich eine etwas andere Bestückung gedacht war, ist diese „eigentlich" überflüssige Brücke erforderlich.
Die Montage der Widerstände, Dioden und Elkos dürfte problemlos sein. Als Thyristor wurde im Labormodell ein Typ verwendet, der ein Gehäuse wie der 2 N 1613 hat, dabei ist der dem Gehäusenippel benachbarte Anschluß die Kathode, während der mittlere Draht das Gate ist. Die in Bild 6 angegebenen Typen können jedoch ebenso verwendet werden, allerdings ist streng auf die Anschlußbelegung zu achten. Die unterschiedliche Belegung bei verschiedenen Thyristortypen hat bei P.E.-Schaltungsnachbauten schon öfter zur Unfunktion der gesamten Schaltung geführt, obwohl alles andere in Ordnung war.
Der Leistungstransistor 2 N 3055 wird zusammen mit dem Kühlfinger auf den Print geschraubt. Beim Festziehen der Schrauben ist darauf zu achten, daß keiner der Anschlußstifte mit dem Kühlfinger Kontakt macht. Der dritte Anschluß des Transistors ist das Gehäuse, deshalb muß die Mutter auf der Printseite ordentlichen Kontakt mit der Kupferinsel haben. Im Zweifelsfall empfiehlt es sich, eine Messingmutter zu verwenden und diese nach dem Festziehen anzulöten.
Mit dem großen Elko kann es insofern Montageprobleme geben, als recht un-

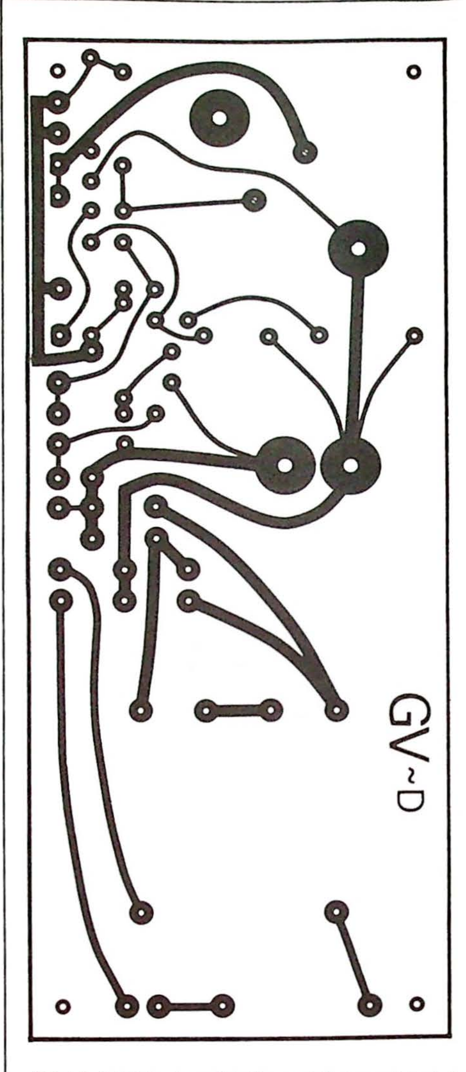


Bild 4, Bild 5. *Das Printlayout links zeigt, daß plan rechts ist auch die bei diesem Schaltungser*

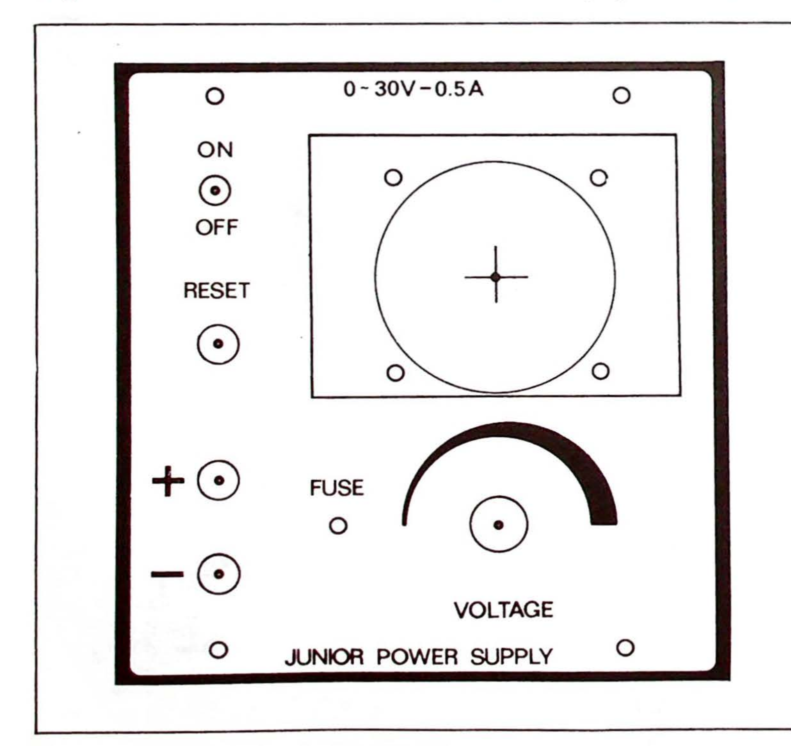


Bild 3. *Die Frontplatte des Mustergerätes, hier im Maßstab 1:1 als Vorschlag für den Nachbau angegeben. Bei Verwendung anderer Bauelemente, insbesondere eines anderen Instrumentes, kann diese Vorlage evtl. nicht unverändert übernommen werden.*

: laststromführenden Kupferbahnen breiter ausgeführt sind als die übrigen. Im Bestückungs- urf naturgemäß recht umfangreiche Verdrahtung eingezeichnet.*

terschiedliche Ausführungen im Handel sind. Gegebenenfalls muß eine zusätzliche Bohrung eingebracht werden, damit die beiden Stifte passen.
Der in der Stückliste angegebene Trafo wird mit und ohne Befestigungswinkeln geliefert. Der Print ist für die Ausführung „ohne" vorgesehen, deshalb müssen die Winkel evtl. abgesägt werden.

Verdrahtung und Gehäuseeinbau

In Bild 5 ist auch der Verdrahtungsplan eingezeichnet. Bevor man jedoch die Leitungen verlegen kann, muß man sich Gedanken über das Gehäuse machen, denn mit Rücksicht auf die Bauelemente, die verwendet werden sollen (welcher Trafo, Instrument oder nicht) ist in diesem Bauvorschlag kein Hinweis auf ein bestimmtes Gehäuse enthalten. Das Labormodell sieht so aus: Der Print ist in etwa 5 mm Abstand auf eine etwas größere Platte aus Print-Rohmaterial geschraubt (Kupferseite dem Print zugekehrt). Die Frontplatte ist ebenfalls aus Printrohmaterial (Kupferseite hinten). Beide Teile können miteinander verlötet werden, dabei ist es zweckmäßig, die Dinge so anzuordnen, daß der Print nachher eine senkrechte Einbaulage hat. Zusätzlich sollten zwei dreieckige Printabschnitte passend oben und unten in den entstandenen Winkel gelötet werden. Eines der Fotos zeigt, wie es gemeint ist.
Steht fest, welche Bauelemente auf die Frontplatte kommen sollen, dann lassen sich die erforderlichen Abmessungen festlegen, dann kann auch das Gehäuse gewählt werden.
Bild 3 zeigt, daß auch unter Verwendung eines Einbaumeßinstrumentes eine gedrängte Anordnung der Frontplatten-Elemente möglich ist.
Die Verdrahtungsarbeiten nach Bild 5 dürften unproblematisch sein; man kann wahlweise alle Verbindungen löten oder steckbar ausführen (mit Steckschuhen und Lötstiften).

Das Junior – Netzgerät in der Praxis

Die Daten des Netzgerätes sind, gemessen am Aufwand, recht ordentlich.
Nach dem Einschalten tritt durch Erwärmung der Bauelemente, insbesondere der Z-Dioden, eine Wanderung der im kalten Zustand eingestellten Ausgangsspannung ein.
Brummspannung und Rauschen wurden bei Vollast mit 50 Millivolt gemessen. Zwischen Leerlauf und Vollast ändert sich die Ausgangsspannung um ca. 1%, allerdings wurde im Labor festgestellt, daß dieses Datum etwas höher oder niedriger ausfallen kann, wenn man als Z-Dioden Exemplare verschiedener Fabrikate verwendet.
Die Kühlung des Leistungstransistors ist ausreichend, wenn man nicht bei niedrig eingestellter Ausgangsspannung (z.B. 5 Volt) dem Gerät längere Zeit den maximalen Laststrom von 0,5 A abfordert. Bei auf niedrige Werte eingestellter Ausgangsspannung steht der Rest der unstabilisierten Spannung nämlich am Leistungstransistor, er muß in dieser Situation eine große Leistung aufnehmen, die er in Wärme umsetzt. Wem die Sache zu unsicher ist (mit Sicherheit den TTL-Fans), der kann natürlich den 2 N 3055 anderswo im Gehäuse auf eine möglichst große Kühlfläche montieren.

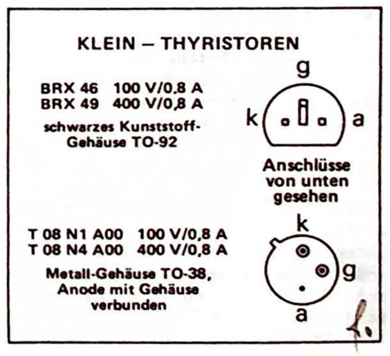


Bild 6. *Anschlüsse von Kleinthyristoren.*

78XX, 79XX

Anwendungen eines universellen Festspannungsreglers

Ein Bauelement mit zwei Bezeichnungen? Um es gleich ganz klar zu sagen: Je nach Fabrikat sind es bis zu 15 verschiedene ICs, die in einigen Kapiteln dieses Beitrags als nur ein IC behandelt werden. In einigen wichtigen Daten stimmen die verschiedenen Typen nämlich überein, in anderen nicht.
Es geht um die Serien 78.. und 79.., positive und negative Festspannungsregler mit unterschiedlichen Ausgangsspannungen.
Diese Typen sind deshalb so wichtig, weil sie sich im Elektronikfachhandel durchgesetzt haben, eine Menge können, vielseitig und variabel einsetzbar sind und alle diese Vorteile zu einem akzeptablen Preis bieten.
Die „positiven" Regler-ICs tragen je nach Fabrikat die Serienbezeichnung 78XX oder 7800, bei den „negativen" steht statt 78 die 79. Sind die beiden „XX" oder „00" durch zwei Ziffern ersetzt, so geben diese die Ausgangsspannungen an.
Die ICs gibt es von mehreren Herstellern, und zwar im TO-220-Gehäuse und in der TO-3-Ausführung.
Es sieht ganz so aus, daß sich die 78er und 79er in den 80er Jahren einen Stammplatz in der Elektronik erobern, wie dies vor längerer Zeit der BC 107 und der Operationsverstärker 741 geschafft haben. Grund genug also, Daten und Einsatzmöglichkeiten ausführlich zu besprechen.

Allgemeine Eigenschaften

Die sogenannten Festspannungsregler geben an ihrem Ausgang eine ganz bestimmte Spannung ab, d.h. in erster Linie sind sie als stabilisierte Speisespannungsquellen für solche elektronische Schaltungen gedacht, die eine ganz bestimmte, möglichst unveränderliche Speisespannung brauchen. Auf die infrage kommende Speisespannung ist der passende Regler intern fest eingestellt, man braucht also nach dem Zusammenbau des Netzteils nichts mehr einzustellen; höchstens ist eine allgemeine Funktionskontrolle vorzunehmen.
Deshalb können solche Regler theoretisch mit drei Anschlüssen auskommen, und hier stimmen Theorie und Praxis ausnahmsweise überein. Die Anschlüsse lauten: Eingang (für die unstabilisierte Spannung), Ausgang (Festspannung) und „Common" (für Ein- und Ausgang gemeinsamer Anschluß). Zwischen dem Ausgang und dem Common mißt man die „Nennspannung" des Reglers, das sind die beiden Ziffern hinter der 78 (79) in Volt.
So erzeugt z.B. ein 7805 eine Spannung von +5 Volt, bezogen auf den Common, der 7915 erzeugt eine negative Spannung von –15 Volt. Für Leute, die komplizierte Bezeichnungen bevorzugen, bieten diese ICs also nichts.
Die vollständigen (Fest-) Spannungsreihen lauten für 7800 und 7900: 5; 6; 8; 8,5; 12; 15; 18 und 24 Volt. Bei ausreichender Kühlung können die ICs einen Strom von 1 Ampere abgeben.
Wie erwähnt, gibt es die Regler in zwei Gehäuseausführungen. Im TO-3-Gehäuse sehen sie auf den ersten Blick so aus wie der allerseits bekannte Leistungstransistor 2 N 3055, das TO-220-Gewand ist von Transistoren des Typs BD 24.. geläufig.

Die Gehäuseausführung äußert sich in der vollständigen Bezeichnung des jeweiligen Typs, aber damit wollen wir uns nicht lange aufhalten, nur ein Beispiel: ein μA 7812 U ist ein „positiver" Regler für 12 Volt im TO-220-Gehäuse.

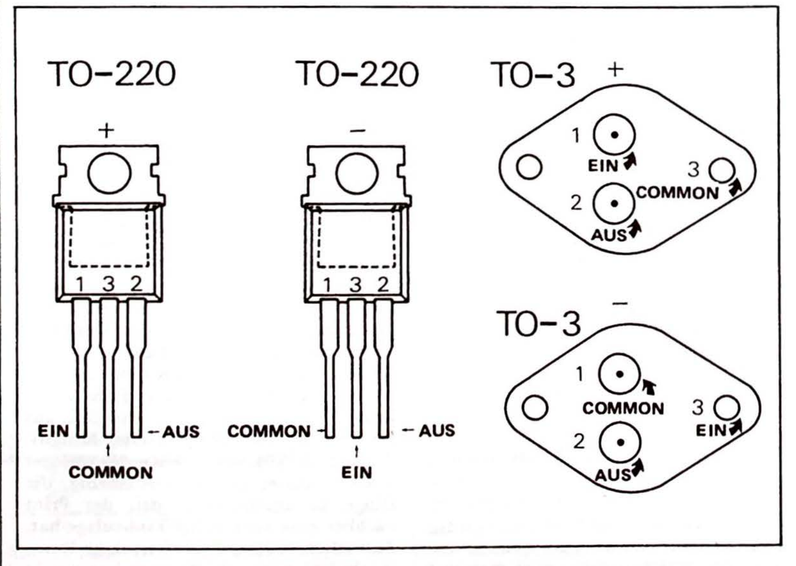


Bild 1. *Anschlußbelegungen der Festspannungsregler 78XX und 79XX für die Gehäuseausführungen TO-3 und TO-220.*

Was den Entwickler elektronischer Schaltungen stört, ist die Tatsache, daß die Anschlußbelegung bei den negativen Ausführungen anders ist als bei den positiven. Bild 1 zeigt die Übersicht für alle infrage kommenden Ausführungen. Die ICs sind, wenn man sie richtig anschließt, praktisch unverwüstlich. Sie enthalten gleich drei interne Schutzmaßnahmen.
Die wichtigste Schutzschaltung ist wohl die Strombegrenzung. Schließt man den Ausgang kurz, so wird der Strom nicht, wie in anderen stabilisierten Netzgeräten üblich, auf den Wert begrenzt, den er im Normalbetrieb maximal annehmen kann, sondern auf einen sehr viel niedrigeren Wert. Die Strombegrenzungskennlinie eines solchen Stabilisators wird als „Fold Back Regulation" bezeichnet. Darüber später mehr.
Weiter gibt es einen eingebauten Schutz gegen Übertemperatur des Chips. Wenn der Halbleiterkristall eine Temperatur von 150 Grad erreicht, nimmt der Ausgangsstrom selbsttätig ab. Er stellt sich so ein, daß die Temperatur auf 150 Grad stabilisiert wird; damit ist der Chip im sicheren Bereich, er kann nicht zerstört werden.
Eine dritte Schutzvorrichtung interessiert sich für die Differenzspannung zwischen Ein- und Ausgangsspannung. Bei gegebenem Laststrom hängt die in Wärme umgesetzte elektrische Leistung von dieser Differenzspannung ab. Die Schutzschaltung begrenzt den Laststrom, so daß die maximal zulässige Verlustleistung nicht überschritten wird.
Die nächsten Abschnitte beschäftigen sich näher mit einigen der Eigenschaften dieses bemerkenswerten ICs und bringen Schaltungsvorschläge.

Ausgangsspannung Nennspannung Toleranzbereich

Jedes Regler-IC der Reihe liefert eine bestimmte Spannung, dies ist die „Nennspannung". Diese Bezeichnung besagt, daß nicht jedes Exemplar genau 5 Volt, 6 Volt usw. abgibt, sondern daß vielmehr ein gewisser Spielraum ober- und unterhalb der nominalen Spannung besteht, in dem die tatsächlichen Ausgangsspannungen aller Exemplare liegen. Das hört sich kompliziert an, aber die Tabelle Bild 2 macht die Sache schlagartig klar.
Sollte es bei der Entwicklung einer Schaltung so genau auf die Speisespannung ankommen, daß der Toleranzbereich des Reglers zu groß ist, dann müssen ggf. mehrere Exemplare ausgemessen werden, bis ein passendes gefunden ist. Damit steht fest, daß diese ICs, wie stabil die Ausgangsspannung auch sein mag, nicht zum Eichen von Meßgeräten dienen können!

Regler	U_{min}	U_{max}
7805	*4,75*	*5,25*
7806	*5,70*	*6,30*
7808	*7,60*	*8,40*
7885	*8,10*	*8,90*
7812	*11,40*	*12,60*
7815	*14,25*	*15,75*
7818	*17,10*	*18,90*
7824	*22,80*	*25,20*
7905	*4,75*	*5,25*
7906	*5,70*	*6,30*
7908	*7,60*	*8,40*
7912	*11,40*	*12,60*
7915	*14,25*	*15,75*
7918	*17,10*	*18,90*
7924	*22,80*	*25,20*

Bild 2. *Liste der 78/79er Typen des Fabrikates Fairchild, mit Toleranzbereich.*

Verhalten bei Änderung der Eingangsspannung

Wenn sich die Eingangsspannung einer Stabilisatorschaltung ändert, darf die Ausgangsspannung keine Reaktion zeigen. Für fast alle Änderungen der Eingangsspannung ist indirekt das Netz verantwortlich; Störspannungsspitzen, die der Netzspannung überlagert sind, entstehen häufig beim Ein- und Ausschalten von Haushaltgeräten, am Abend nimmt die Netzspannung sowieso ab, das E-Werk schaltet irgendetwas um, das gibt kurzzeitige Änderungen usw.
Ändert sich der Laststrom des Reglers, so erfolgt ein Durchgriff auf die Eingangsspannung, weil der Netztrafo stärker oder schwächer belastet wird, so daß sich die unstabilisierte Spannung ändert. Schließlich gibt es noch eine langfristige Änderung der Eingangsspannung, weil der Ladeelko des unstabilisierten Netzteils mit der Zeit an Kapazität verliert.
Die Größe, die angibt, in welchem Maße der Stabilisator Eingangsspannungsschwankungen ausreguliert, wird in den Datenblättern mit „Line Regulation" bezeichnet. In dieser Disziplin sind die Regler der Serien 78/79 zur Zeit internationale Spitzenklasse, zumindest die besseren Exemplare, denn es gibt starke Streuungen von Exemplar zu Exemplar. Beim 7805 z.B. ändert sich im Bereich 7...25 Volt (Eingangsspannung) die Ausgangsspannung nur um maximal 100 mV (garantierter Wert), aber der typische Wert (Mittelwert einer großen Anzahl gemessener Exemplare) liegt bei 3 mV! Selbstverständlich ist die „Line Regulation" bei Reglern für höhere Ausgangsspannungen schlechter, wenn man die Absolutwerte betrachtet. So gelten für den 7824 im Eingangsspannungsbereich 27...38 Volt die Werte: 18 mV (typisch) und 480 mV (garantierter Maximalwert).

Verhalten bei wechselnder Belastung

Auch für das Verhalten bei unterschiedlichen Lastbedingungen enthalten die Datenblätter eine Rubrik, sie nennt sich „Load Regulation".
Wenn sich der Laststrom z.B. des 7805 von 5 mA auf 1,5 A erhöht, dann nimmt die Ausgangsspannung um 15 mV ab (typisch) bzw. um 100 mV (maximal). Für einen 24 V-Regler lauten die Werte (bei gleicher Laststromänderung) 12 mV bzw. 480 mV.
In diesem Zusammenhang ist es auch von Interesse, wie schnell sich die Ausgangsspannung nach einer plötzlichen Laststromänderung wieder auf den alten Wert einstellt. Bild 3 zeigt dazu eine Grafik, aus ihr läßt sich das zeitliche Verhalten entnehmen. Wenn der Laststrom im oberen Teil der Grafik von Null Ampere plötzlich auf 1 A ansteigt, dann nimmt die Ausgangsspannung vorübergehend leicht ab, aber bereits nach 5 Mikrosekunden ist der alte Wert wieder da. Der kurzzeitige Einbruch erreicht nicht einmal 0,5 Volt.
Auch für dieses Zeitverhalten wurde ein spezieller Begriff in die Datenblätter aufgenommen: „Load Transient Response".

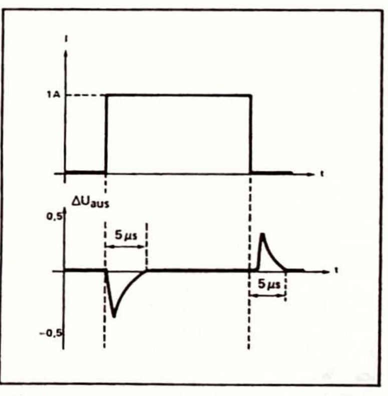


Bild 3. *Reaktionszeit bei Laständerungen.*

Ausgangsrauschen

Dem Eingang wird eine unstabilisierte Spannung angeboten, die zudem noch mit einer 100 Hz-Brummspannung überlagert ist, sofern man, wie allgemein üblich, im Netzteil mit einem Brückengleichrichter Doppelweggleichrichtung vornimmt. Ein guter Stabilisator unterdrückt die Brummspannung, so daß am Ausgang praktisch nichts mehr davon festzustellen ist.
Natürlich darf der Regler auch nicht eigenmächtig irgendwelche Spannungen hinzu erfinden und sie der Ausgangsspannung prompt überlagern. Eine solche

„hausgemachte“ Spannung ist bei allen elektronischen Bauelementen das Eigenrauschen. Die Regler der Serien 78/79 verhalten sich in dieser Hinsicht vorbildlich; bei den positiven Typen beträgt die Rauschspannung maximal 90 Mikrovolt (0,00009 Volt), für negative Regler wird 375 Mikrovolt angegeben.

Ausgangswiderstand Wechsellast Regeleigenschaften

Jede elektronische Schaltung, die eine Spannung abgibt, hat einen Ausgang. Dies ist nicht nur ein Anschluß, an dem die Spannung abgegriffen wird, sondern auch die Verbindung mit denjenigen Innereien der Spannungsquelle, die dem Ausgangsanschluß die Spannung liefern. Für diese Innereien gibt es eine sehr wichtige Kenngröße, dies ist der Ausgangswiderstand, der allerdings gelegentlich auch als Innenwiderstand der Spannungsquelle bezeichnet wird. An diesem Widerstand erzeugt der Laststrom einen Spannungsabfall, und so kann man sich leicht vorstellen, daß bei einem Anstieg des Laststroms der Spannungsabfall zunimmt; dies ist die Ursache für die (geringe) Abnahme der Ausgangsspannung bei einem Anstieg des Lasstroms: der Fehlbetrag geht auf das Konto des Innenwiderstandes!

Somit ist klar, daß der Innenwiderstand so niedrig wie möglich sein soll.

Diese Größe ist kein echter Widerstand mit zwei Anschlüssen, der irgendwo im Regler-IC enthalten ist, sondern ein ganzer Komplex, der sich nur mathematisch erfassen läßt und der insbesondere, darauf kommt es hier an, dynamisch betrachtet werden muß.

Dies macht sich bemerkbar, wenn man eine Stabilisierungsschaltung nicht mit einem konstanten Strom belastet, sondern mit einem variierenden Strom.

Dann sind, abhängig von der Frequenz des Wechsel-Laststroms, die Schwankungen der Ausgangsspannungen so hoch, daß zur Erklärung des Phänomens der Innenwiderstand, der für Gleichstromlast gilt, nicht ausreicht.

Die Größe, die dieses Verhalten in Zahlenwerten anzugeben gestattet, wird als Ausgangsimpedanz bezeichnet. Je niedriger der jeweilige Wert für eine Stabilisierungsschaltung ist, um so weniger reagiert die Ausgangsspannung auf schnell wechselnden Laststrom.

Eine niedrige Ausgangsimpedanz des Stabilisators kann gelegentlich von grosser Bedeutung für die Funktion einer Schaltung sein. Man denke hier an einen Schallpegelmesser, dessen Meßelektronik den Stabilisator mit einigen Ampere belastet, und das unter Umständen bei den (relativ) hohen Frequenzen, die in einem Musik-NF-Signal enthalten sind.

Die Regler 78/79 haben in dieser Hinsicht allerdings keine Probleme.

Für 1 Kilohertz wird eine Impedanz des Ausgangs zwischen 17 und 28 Milliohm angegeben, der Wert nimmt mit steigender Ausgangsspannung zu. Somit gilt der niedrigste Wert, nämlich 17 Milliohm, für einen 5 V-Regler, und ist bezogen auf eine Laständerung (im 1 Kilohertz-Rhythmus) zwischen Null und 1 Ampere.

Strombegrenzung Kurzschlußstrom

Zahlreiche stabilisierte Spannungsquellen enthalten zum eigenen Schutz vor Überlastung eine Strombegrenzung, die den Ausgangsstrom auf einem konstanten Wert halten. Die Grafik in Bild 4 oben zeigt dies anschaulich, die Werte 15 Volt und 1 Ampere wurden frei gewählt.

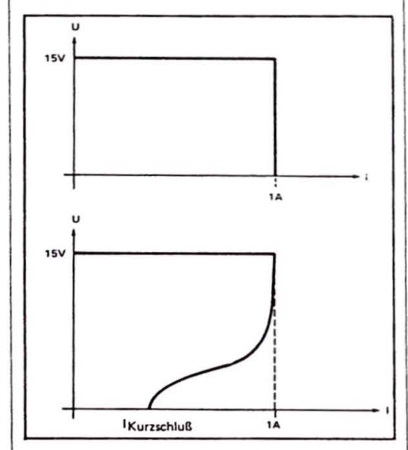


Bild 4. *Zum Unterschied zwischen einer „gewöhnlichen“ Strombegrenzung und der „Fold Back Regulation.“*

Sobald der Strom die kritische Grenze erreicht, steigt er nicht weiter an (die waagerechte Linie würde sich dann weiter nach rechts fortsetzen). Vielmehr bleibt der Strom konstant, das kann bei kleiner werdendem Lastwiderstand aber nur bedeuten, daß die Ausgangsspannung abnimmt, wie die Grafik es zeigt. Sobald die Strombegrenzug einsetzt, arbeitet eine solche Schaltung nicht mehr als Spannungsquelle, sondern als Stromquelle.

Die Strombegrenzung in den Regler-ICs 78/79 arbeitet anders, sie hat eine „Kennlinie“ wie in Bild 4 unten angegeben ist. Das Prinzip heißt „Fold Back Regulation.“

Erhöht sich bei einem solchen Regler den Laststrom bis zur kritischen Grenze, so setzt zunächst eine Strombegrenzung ein wie in Bild 4 oben. Bei weiterem Verringern des Lastwiderstandes ist bald ein Punkt erreicht, von dem ab sowohl Spannung als auch Strom abnehmen. Geht man noch weiter und schließt gar den Reglerausgang kurz, so ist die Ausgangsspannung natürlich Null geworden, aber auch der Strom ist niedriger als der maximal zulässige Laststrom des ICs.

Dieses System hat den Vorteil, daß die elektrische Energie, die in der Schaltung in Wärme umgesetzt wird, im Kurzschlußbetrieb wesentlich geringer ist als bei der gewöhnlichen Strombegrenzung. Die pro Zeiteinheit in Wärme umgesetzte Energie, die Leistung, ist das Produkt aus Strom und Spannung. Die Spannung zwischen Ein- und Ausgang der Schaltung ist in beiden Fällen beim Kurzschluß des Ausgangs gleich, sie hat nämlich den Betrag der unstabilisierten Spannung; der Strom ist jedoch bei „Fold Back“ erheblich geringer.

Diese Maßnahme muß mit Rücksicht auf das relativ kleine Gehäuse der ICs getroffen werden.

Bei den Reglern der Serie 78/79 hängt der Fold Back-Kurzschlußstrom, auf den die ICs intern eingestellt sind, von der Nennspannung des betreffenden Typs ab, die Werte liegen zwischen 0,15 und 0,75 Ampere. Welcher Wert von diesen beiden gehört zum 7805, welcher zum 7824? Mit der Leistungsmel $U \cdot I$ = konstant (es wird ja für alle Typen dasselbe Gehäuse verwendet) läßt sich die Aufgabe leicht lösen.

Temperaturgang Kompensation

Bei zahlreichen elektronischen Geräten ändern sich technische Daten, wenn die Temperatur bestimmter Bauelemente zu- oder abnimmt. Auch die Regler-ICs, die ja eine Menge Bauelemente enthalten, unterliegen Temperatureinflüssen, die Ausgangsspannung ist temperaturabhängig. Herstellerseitig versucht man natürlich, diesen Einfluß so gering wie möglich zu halten.

Die Regler der Serie 78/79 haben einen Temperaturkoeffizienten von –1 Millivolt pro Grad (Celsius). Das bedeutet: Wenn die Temperatur um 1 Grad steigt, nimmt die Ausgangsspannung um 1 Millivolt ab. Das ist uneingeschränkt als sehr gut bzw. sehr wenig zu bezeichnen.

Maximale Eingangsspannung

Trotz aller eingebauten Sicherungsvorkehrungen darf die Eingangsspannung einen bestimmten, höchstzulässigen Wert nicht überschreiten.

Für Regler bis 18 Volt Ausgangsspannung gilt eine maximale Eingangsspannung von 35 Volt, der 24 Volt-Regler kann bis 40 Volt vertragen.

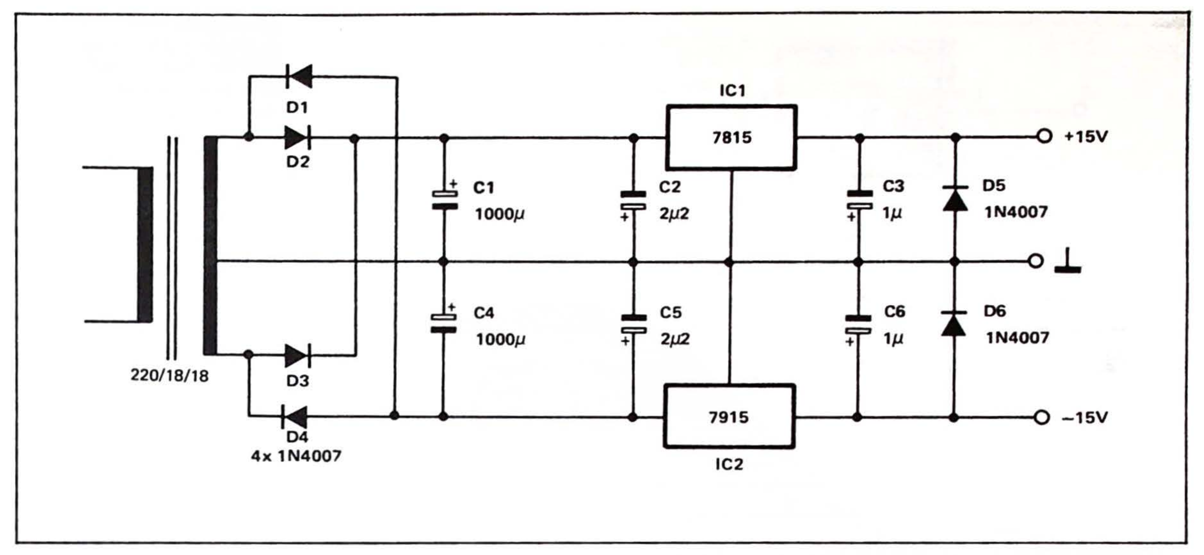


Bild 5. *Je ein positiver und negativer Festspannungsregler in einer Grundschaltung. Da hier die Masseleitungen zusammenliegen und Regler mit gleicher Ausgangsspannung verwendet werden, erhält man ein duales Netzteil für z.B. OpAmp-Schaltungen.*

Hauptanwendung Feste Ausgangsspannung

Die Regler sind in erster Linie dazu gedacht und gemacht, um ohne viel Aufwand zahlreiche elektronische Schaltungen mit einer sauberen, positiven oder negativen Speisespannung zu bedienen.
Bild 5 zeigt ein Beispiel für eine solche Hauptanwendung. Das Netzteil liefert eine positive und eine negative Spannung zur Speisung einer aus Operationsverstärkern aufgebauten Schaltung.
Die mit einem aus Netztrafo, vier Gleichrichterdioden und zwei Ladekondensatoren C1, C4 erzeugten unstabilisierten Spannungen liegen jeweils zwischen dem Eingang und „Common" der Regler-ICs. Die Elkos C2, C3, C5 und C6 werden so nahe wie möglich an den Anschlüssen des ICs eingelötet, sie verbessern das Verhalten des Stabilisators bei schnellen Änderungen der Eingangsspannung bzw. des Laststromes. Die Dioden an den beiden Ausgängen schützen die ICs vor dort eventuell auftretenden Spannungen mit falscher Polarität.

Auch das ist möglich: Einstellbare Ausgangsspannung mit Potentiometer

Die Regler der Serie 78/79 können zweckentfremdet verwendet werden, um Zwischenwerte der Ausgangsspannungen oder einstellbare Ausgangsspannungen zu erzielen. Dabei ist in jedem Fall der Common-Anschluß nicht mehr mit der Masse verbunden. Bild 6 zeigt ein stabilisiertes Netzgerät mit einstellbarer Ausgangsspannung, das einen Festspannungsregler verwendet.
Zwischen dem Ausgang der Schaltung und Masse liegt ein Spannungsteiler, der Common ist mit dem Abgriff des Potis verbunden. Was macht der Regler? Er sorgt auch in dieser Schaltung dafür, daß die Spannung zwischen Ausgang und Commen auf einen bestimmten Wert stabilisiert wird, wie immer.
Steht der Abgriff ganz unten, so hat sich gegenüber der Standardanwendung nichts geändert, die Ausgangsspannung hat ihren normalen Wert von 5 Volt.
Dreht man den Abgriff nach oben, dann beträgt die Spannung zwischen Ausgang und Abgriff „für sich" bereits 5 Volt, zusätzlich erzeugt der Querstrom des Spannungsteilers, der nach Masse fließt, an dem Teilwiderstand des Potis, der zwischen Abgriff und Masse liegt, einen Spannungsabfall, der sich, bezogen auf Masse, zu der festen 5 Volt-Spannung addiert, die Ausgangsspannung steigt an.
Mit der Schaltung nach Bild 6 kann die Ausgangsspannung zwischen 5 Volt und 15 V eingestellt werden. Es ist leicht einzusehen, daß die „natürliche" Ausgangsspannung des Reglers von 5 Volt nicht unterschritten werden kann.

Konstantstromquelle mit Festspannungsregler

Bei entsprechender Beschaltung können die Regler der Serie 78/79 auch als Konstantstromquelle eingesetzt werden,

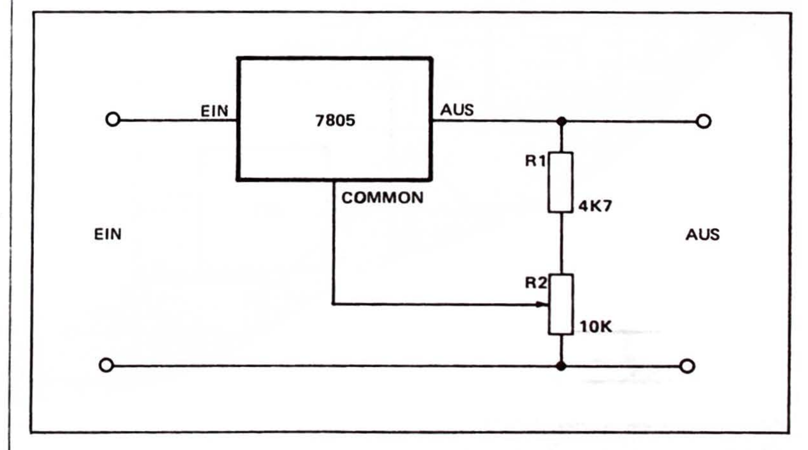


Bild 6. *Ein stabilisiertes Netzgerät mit einstellbarer Ausgangsspannung, trotz Verwendung eines Festspannungsreglers. Der Common-Anschluß liegt am Poti-Abgriff.*

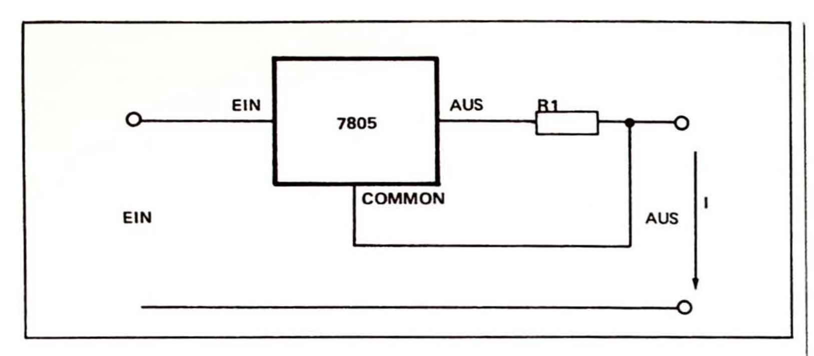


Bild 7. *Eine Konstantstromquelle ist das Ergebnis, wenn man zwischen Regler- und Schaltungsausgang einen Widerstand legt und Common und Ausgang verbindet.*

Bild 7 zeigt ein Beispiel.
Zwischen dem Ausgang des ICs und dem Ausgang dessen, was hier zu einer Konstantstromquelle geworden ist, liegt ein Widerstand, der Common ist mit dem Ausgang verbunden. Da der Regler stets bemüht ist, die Spannung zwischen seinen Anschlüssen Common und Ausgang konstant zu halten, ist die Spannung über den Anschlüssen des Widerstandes R1 sehr gut stabilisiert. Nach dem Ohmschen Gesetz fließt in dem Widerstand ein Strom; er ist in dem Maße konstant, wie die Spannung über den Anschlüssen des Widerstandes und der Widerstandswert selbst konstant sind.
Der Konstantstrom I fließt natürlich erst dann, wenn am Ausgang der Schaltung der Verbraucher angeschlossen ist. Der Widerstandswert des Verbrauchers hat Widerstand R1 maßgebend: Spannung geteilt durch Strom.

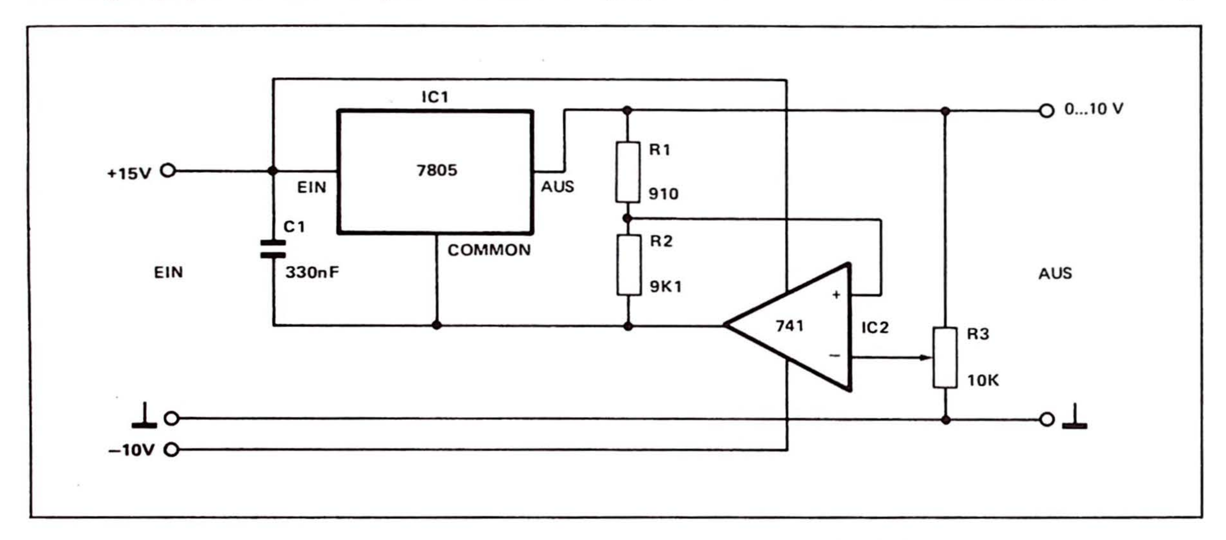


Bild 8. *Ein stabilisiertes Netzgerät, dessen Ausgangsspannung von Null Volt an einstellbar ist. Außer der für solche Netzgeräte immer erforderlichen negativen Hilfsspannung enthält die Schaltung einen OpAmp, er steuert die Spannung am Common.*

Bild 9. *Wenn ein Regler der 78er oder 79er - Reihe es alleine nicht mehr schafft (den Strom zu liefern, den ein Verbraucher aufnimmt), dann kann man ihn mit einem externen Leistungstransistor zu Hilfe kommen. Dieser, T2 im Bild, muß allerdings gesondert gegen Kurzschluß des Ausgangs gesichert werden, dazu dient T1.*

Ausgangsspannungen ab Null Volt

Mit den Regler-ICs lassen sich auch „echte“ stabilisierte Netzgeräte mit von Null Volt ab einstellbarer Ausgangsspannung aufbauen. Bild 8 zeigt eine solche Schaltung.
Die Sache erfordert allerdings etwas Aufwand, so muß eine negative Hilfsspannung zur Verfügung stehen und es ist ein Operationsverstärker-IC erforderlich.
Der Common-Anschluß des Reglers liegt am Ausgang des Operationsverstärkers. An die negative Hilfsspannung werden keine besonderen Ansprüche gestellt, da ihre „Qualität“ nicht in die Ausgangsspannung der Schaltung eingeht. Die Hilfsspannung dient nur zur Speisung des Operationsverstärkers.

Höhere Ausgangsströme

Wer mehr Strom als 1 Ampere zur Versorgung einer Schaltung braucht, richte seine Aufmerksamkeit auf Bild 9.
Es zeigt einen Spannungsstabilisator für eine Ausgangsspannung von 12 Volt, die Belastbarkeit hängt jedoch nicht vom verwendeten Regler ab, sondern von den Daten des Leistungstransistors T2.
Transistor T1 bildet mit Widerstand R2 eine Kurzschlußsicherung.
Zur Funktion: Bei niedrigem Laststrom ist Transistor T2 gesperrt, die Spannung zwischen Basis und Emitter liegt unter 0,7 Volt. Der Laststrom fließt in dieser Situation nämlich über R1 und Regler, da T2 gesperrt ist. An R1 ensteht ein zu geringer Spannungsabfall, so daß T2 nicht aufgesteuert wird. Der Regler macht die ganze Arbeit noch allein.
Nimmt der Laststrom zu, dann steigt auch der Spannungsabfall an R1, bei einem bestimmten Laststromwert beginnt T2 zu leiten. Die Ausgangsspannung will dann zunächst ansteigen, aber der 7812 macht hier nicht mit, er zieht daraufhin weniger Eingangsstrom, weil sein Ausgang nicht bereit ist, Strom an einen Verbraucher zu liefern, an dem die Spannung etwas höher als 12 Volt ist. Fallende Stromaufnahme des Reglers bedeutet aber auch Abnahme der Spannung über R1, der Leistungstransistor wird in seiner Aktivität gebremst, die Ausgangsspannung kommt nicht zum Ansteigen und der Regler zieht nur ein wenig Strom. Das System stabilisiert sich, der Regler wacht streng über die Ausgangsspannung und tut das auch bei höheren Lastströmen.
Steigt der Lastsrom auf 5 Ampere an, so fällt an R2 soviel Spannung ab, daß der Transistor T1 zu leiten beginnt. Er schließt R1 kurz, so daß dem Leistungstransistor T2 die Steuerspannung weggenommen wird, der Laststrom kann nicht weiter ansteigen.

Abschließende Bemerkungen

Die besprochenen Anwendungen zeigen die Vielseitigkeit der Regler-ICs. Netzteile, Konstantstromquellen und Netzgeräte mit einstellbarer Ausgangsspannung stellen in weitesten Bereichen der Elektronik keine Probleme mehr dar, man greift zum passenden Regler.
Die Schaltungsbeispiele wurden nicht im P.E.Labor ausprobiert, es handelt sich dabei um Schaltungsvorschläge des IC-Herstellers.
Allerdings liegen durchaus praktische und sehr positive Erfahrungen vor. In der letzten Ausgabe findet sich ein Netzteil für die P.E.-Modulserie, das mit Reglern der Serie 78/79 aufgebaut ist.

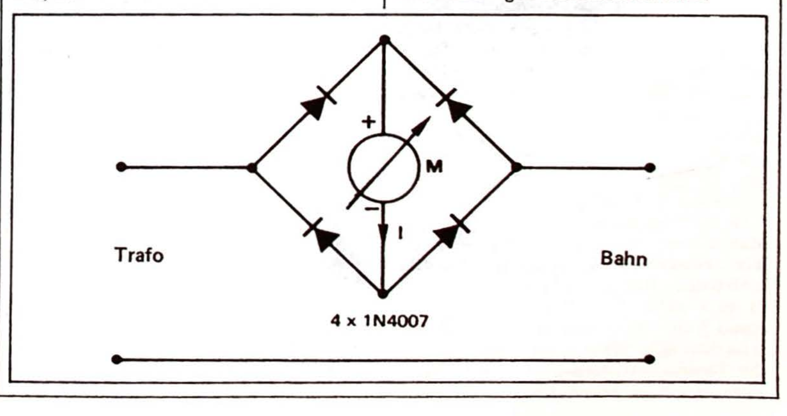


Von Gleich- zu Wechselstrom

Dieser Tip löst das Problem eines Modell-Eisenbahners, der den Stromverbrauch seiner Lok(s) ständig am Fahrpult überwachen will. Er ging in einen Laden und kaufte ein Meßinstrument, von dem der Verkäufer nachdrücklich behauptete, es könne Gleich- und Wechselstrom messen. Da es sich bei dem Gegenstand um ein gängiges Drehspulinstrument eines bekannten Fabrikates handelt und nicht um eines jener extraterrestrischen Exemplare, welche die Amerikaner auf dem Mond gefunden haben, reagiert das Meßwerk, in Übereinstimmung mit den gesicherten Erkenntnissen der allgemeinen Elektrizitätslehre, nur auf Gleichstrom.
Mit welchen einfachen Mitteln kann das Instrument für die Messung der Stromaufnahme bei der Wechselstromanlage präpariert werden?
Wenn an die Meßgenauigkeit keine hohen Anforderungen gestellt werden (wie im vorliegenden Fall), dann ist die Sache sehr einfach. Es sind vier Siliziumdioden erforderlich, die für Ströme bis 1 Ampere geeignet sind, also Typen wie 1 N 4004 oder 1 N 4007.
Das Bild zeigt die Schaltung. Die vier Dioden sind zu einer Brücke zusammengeschaltet. Denkt man sich das Instrument zunächst weg und ersetzt es in Gedanken durch eine Drahtbrücke, so kann man anhand der Diodenpfeile feststellen, daß

1. der Strom sowohl von links nach rechts als auch umgekehrt fließen kann, die Brücke ist also „wechselstromdurchlässig",
2. im Brückenzweig, also durch die anstelle des Instrumentes eingebaute Drahtverbindung, der Strom in beiden Fällen die gleiche Richtung hat (positive Stromrichtung: von oben nach unten).

Ersetzt man nun den Draht durch das niederohmige Meßwerk des Drehspulinstrumentes, so fließt Gleichstrom durch das Instrument, obwohl der Verbraucher (die Lok) nach wie vor mit Wechselstrom fährt.
Die Dioden leiten also paarweise, immer zwei gegenüberliegende bei jeder Halbwelle der Trafo-Wechselspannung. Der Querzweig der Brücke ist dagegen in jeder Halbwelle „aktiv", ohne Umkehrung der Stromrichtung.
Selbstverständlich muß beim Einbau des Instrumentes auf die richtige Polung der beiden Meßwerkanschlüsse geachtet werden.
Als ausgesprochene Billig-Lösung des Problems hat die Schaltung, wie zu erwarten, einen Nachteil: Es liegen immer, bei beiden Halbwellen der Wechselspannung, zwei hintereinandergeschaltete Dioden im Stromkreis. Es entsteht ein Spannungsverlust von ca. 1,4 Volt, so daß man, wenn diese Erscheinung stören sollte, die Trafospannung durch zusätzliche Windungen heraufsetzen muß.





Widerstände allgemein

Bauelemente-Grundlagen

Zu den elektronischen Bauelementen, ohne die keine Schaltung zum Laufen zu bringen ist, gehören die Widerstände. Wer sich schon mit Elektronik, sei es praktisch oder theoretisch, beschäftigt hat, der weiß das. Ist es deshalb nicht gleichsam das „Einrennen von offenen Türen", wenn hier, nach inzwischen 25 Ausgaben dieser Zeitschrift, das Bauelement „Widerstand" grundlegend behandelt wird? Zum Teil, gewiß.
Aber ein Bauelement, das in jeder Schaltung zu finden ist, verdient gerade deswegen besondere Beachtung, zumal es immer wieder vorkommt, daß man sich auch über andere Daten als nur den Widerstandswert, nämlich über Belastbarkeit, Induktivität oder über die Kennlinie eines einstellbaren Widerstandes Gedanken machen muß. Schließlich enthält der Beitrag auch die Zahlenwerte und Tabellen, die Ordnung in die verschiedenen Ausführungen bringen, nämlich Farbkennzeichnung, die wichtigsten E-Reihen, Toleranzen und einige technologische Angaben. Mit „besonderen Widerständen", wie PTC, NTC und LDR, beschäftigte sich bereits ein Grundlagenbeitrag in Heft 4/78, in der Reihe „Wie funktioniert das?"

Ein wenig Physik

Ohm, der berühmte, hat den Widerstand erfunden, nicht das Bauelement sondern die physikalische Größenart: Speist eine Spannung U einen Verbraucher, und fließt der Strom I, so hat der Verbraucher den Widerstand R. Der Widerstand als physikalische Größe ist der Proportionalitätsfaktor zwischen Strom und Spannung: R = U : I.
Das Bauelement „Widerstand" ist in elektronischen Schaltungen zwar auch ein Verbraucher, aber nicht dem Sinne nach. Hat man eine Spannung und will einen bestimmten Strom fließen lassen (z.B. Basisstrom für einen Transistor) oder hat man einen Strom (maximaler Laststrom eines Netzgerätes) und will eine Spannung erzeugen (die eine elektronische Sicherung auslöst), so setzt man das Bauelement Widerstand ein.
Man unterscheidet in der Elektrizitätslehre zwischen elektrischen Leitern und Isolatoren. Das sind Idealbegriffe, denn es gibt kein Material mit dem Widerstand Null und es gibt keinen absoluten Isolator. Alle Materialien haben somit die Eigenschaft, den Strom mehr oder weniger gut zu leiten, auch hier spricht man von Widerstand, nämlich dem spezifischen Widerstand des Materials.
Der spezifische oder Art-Widerstand wird bei einer Temperatur von 15 °C gemessen. Aus dem zu messenden Material wird ein Draht hergestellt mit einer Länge von 1 m und einem Querschnitt von 1 mm^2. Für Kupfer mißt man einen spezifischen Widerstand von 0,0175 Ohm, ein solcher Wert kennzeichnet einen „guten" elektrischen Leiter. Für Kohle gelten Werte zwischen 100 und 1000 Ohm,

Element	spezifischer Widerstand bei 15 °C	Temperatur-koeffizient
Silber	*0,016*	*0,0036*
Kupfer	*0,0175*	*0,0037*
Gold	*0,022*	*0,0037*
Wolfram	*0,045*	*0,005*
Platin	*0,094*	*0,0024*
Eisen	*0,12*	*0,0045*
Zinn	*0,13*	*0,0045*
Blei	*0,21*	*0,0037*
Quecksilb.	*0,954*	*0,0009*
Kohle	*100...1000*	*-0,0003...0,008*

Bild 1. *Der spezifische Widerstand einiger Stoffe (Mitte). Rechts die Temperaturkoeffizienten (Kohle: negativer TK).*

abhängig von der Verunreinigung mit anderen Stoffen.
Bei der Messung muß eine bestimmte Temperatur zugrunde gelegt werden, denn der Materialwiderstand ist temperaturabhängig. In der Tabelle Bild 1 sind die spezifischen Widerständen von einigen chemischen Elementen zusammengestellt, daneben die sogenannten Temperaturkoeffizienten. Diese kann man in Relativwerten (%) angeben oder, wie hier geschehen, als Widerstandsänderungen pro Grad Celsius. Der Temperaturkoeffizient kann positiv oder negativ sein, d.h. bei steigender Temperatur kann der Materialwiderstand zu- oder abnehmen.
Für die Leitung des elektrischen Stromes zuständig sind die sogenannten freien Elektronen, die nicht an die Atome gebunden sind. Hierauf soll nicht eingegangen werden, jedes Physikbuch enthält dieses Kapitel der Elektrizitätslehre. Bemerkenswert ist jedoch in diesem Zusammenhang, daß bei Erwärmung des Materials Elektronen aus dem Atom heraustreten; dies äußert sich als eine elektrische Spannung, die man über einem Widerstand messen kann, ohne daß eine Spannungsquelle angeschlossen ist. Da die Elektronenaustritte nicht im einzelnen voraussagbar sind, also nur stati-

stisch erfaßt und beschrieben werden können, weil sie dem Gesetz des Zufalls gehorchen, äußern sich die Austritte als unregelmäßige Spannung. Ein Widerstand ist somit ein kleiner Wechselspannungsgenerator, die erzeugte Spannung heißt Rauschen.
Die Rauschspannung steigt mit der Temperatur, dies ist bei der Entwicklung elektronischer Geräte zu beachten. Und es gibt sogar empfindlicheVerstärker, in denen Teile der Eingangsschaltung gekühlt werden, um das Eigenrauschen zu verringern, damit noch schwächere Signale (als ohne Kühlung) verständlich erfaßt bzw. verarbeitet werden können. In empfindlichen NF-Vorverstärkern findet man gelegentlich raucharme Widerstände, hier eignen sich die Metallfilmausführungen.
Nach diesen Vorbemerkungen zur Physik und Technologie werden in den folgenden Abschnitten verschiedene Ausführungsformen sowie Praxisfragen besprochen.

Wärmeentwicklung in einem Widerstand, Belastbarkeit

Der elektrische Strom, der in einem Leiter fließt, erzeugt Wärme, falls der Leiter einen Widerstand hat. Den hat er immer, also entsteht grundsätzlich Wärme.

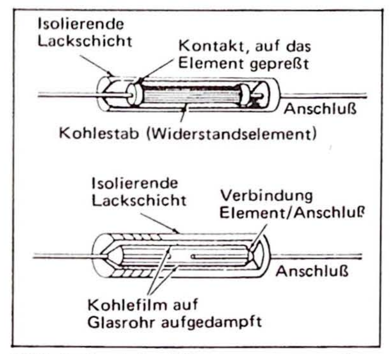


Bild 2. *Zwei Ausführungsarten von Kohlewiderständen, oben ein Kohlestab, unten ein Kohleschichtwiderstand.*

Die elektrische Leistung, die in Wärme umgesetzt wird, ist das Produkt aus der Spannung über den Anschlüssen des Widerstandes und dem Strom, der durch das Bauelement fließt, also $P = U \cdot I$. Grundsätzlich fällt elektrische Energie, die nicht in Licht, Schall, kinetische Energie usw. umgesetzt wird, als Wärme an. Somit gilt für den Widerstand, daß die gesamte Leistung $U \cdot I$ nur in Wärme umgesetzt wird. Bei einem Strom, der zu einer merklichen Erwärmung des Bauelementes führt, stellt sich ein thermisches Gleichgewicht zwischen der in Wärme umgesetzten Energie und der in derselben Zeit abgeführten Wärme ein, diese Größen bestimmen die Temperatur, die der Widerstand erreicht.

Herstellerseitig werden die Widerstände in Leistungskategorien eingeteilt. Die Kategorien geben die Dauerleistung an, die man dem Widerstand maximal zuführen. Die Zahlen gelten für eine bestimmte maximale Umgebungstemperatur und für den Fall, daß keine besonderen Maßnahmen zur Kühlung des Bauelementes getroffen werden. Hält man alle Bedingungen ein, dann garantiert der Hersteller die „Haltbarkeit" des Widerstandes, und zwar des Wertes und des Bauelementes.
Der Widerstand gibt seine Wärme durch Leitung, Strahlung und Strömung ab. Die Leitung erfolgt über die Anschlußdrähte zum Print. Die Strahlung führt in vielen Fällen ebenfalls zur Erwärmung des Prints. Mittels Strömung gibt der Widerstand Wärme an die umgebende Luft ab. Je höher die Umgebungstemperatur ist, um so weniger Wärme kann die Luft aufnehmen. Es ist deshalb beim Einbau einer Schaltung in ein Gehäuse oder bei Betrieb in heißer Umgebung durchaus wichtig, auch die Umgebungstemperatur mit in die Überlegung einzubeziehen, wenn ein Widerstand „wattmäßig" dimensioniert werden muß. Zu starke Erwärmung führt zur Zerstörung des Bauelementes, der Widerstand verbrennt.
Man kann einem Widerstand seine Belastbarkeit ansehen, denn seine Abmessungen stehen in enger Beziehung zur Wattzahl. Je größer nämlich die Oberfläche ist, desto mehr Wärme kann durch Strahlung und Strömung abgegeben werden.
Ein einfaches Beispiel soll zeigen, wie man die erforderliche Belastbarkeit überschlägig bestimmen kann. Fließt durch einen Widerstand von 10 k-Ohm ein Strom von 10 Milli-Ampere, so steht über dem Widerstand die Spannung 100 Volt (Ohmsches Gesetz). Aus Strom und Spannung ergibt sich die Leistung P, die der Widerstand aufnimmt, sie beträgt hier 1 Watt. Nimmt man einen 1 Watt-Widerstand, so liegt man auf der Grenze, so etwas tut man aber in der

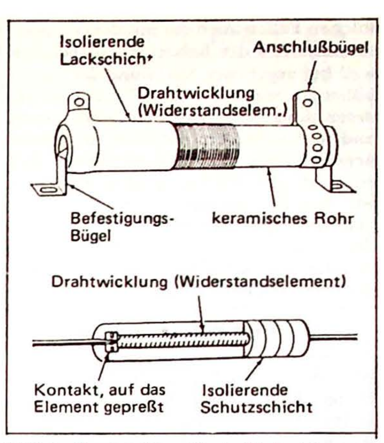
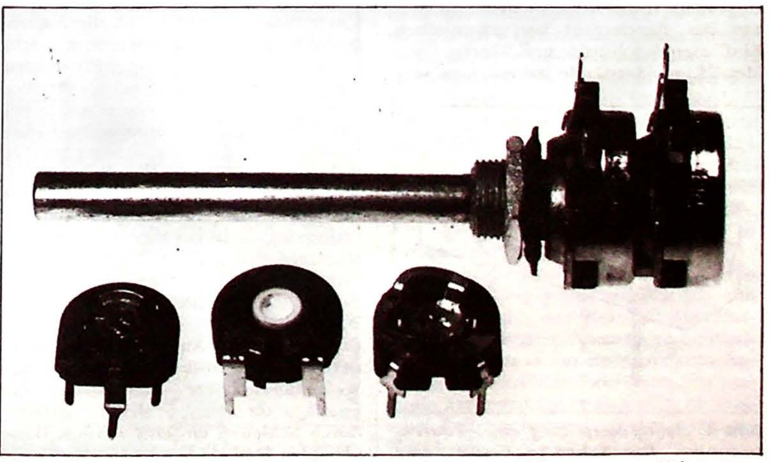


Bild 3. *Drahtwiderstände für Leistungen bis 10 W (unten) und höhere Leistungen.*

Elektronik nicht, wenn es nicht unbedingt sein muß. Gibt man im vorliegenden Fall im Blick auf mögliche höhere Umgebungstemperaturen oder Stromstärkeschwankungen einen Sicherheitsfaktor 2 zu, so kommt man auf einen Widerstand mit 2 Watt Belastbarkeit. Oft gibt man sich jedoch auch damit noch nicht zufrieden und wird einen 5 Watt-Typ einsetzen. Wenn jedoch andererseits das betreffende Gerät in grossen Stückzahlen gefertigt werden soll, wird man sich die Sache aus Kostengründen noch einmal überlegen.
Bei der Festlegung der Stelle, an welcher der Widerstand eingebaut werden soll, hat man zu berücksichtigen, daß benachbarte Widerstände oder andere elektronische Bauelemente, die ebenfalls warm werden, zusätzlich aufgeheizt werden bzw. ihrerseits Wärme an den Widerstand abgeben.
Wird ein Potentiometer nicht als solches (unter Verwendung aller drei Anschlüsse), sondern als veränderlicher Widerstand benutzt, so ist nur ein Teil der Widerstandsbahn „in Betrieb". Man darf in



Ein gekapseltes Tandempoti (oben) und verschiedene Ausführungen von Trimmern.

solchen Fällen auch nur mit dem entsprechenden Teil der Belastbarkeit rechnen, weil bei gegebener Spannung der Strom höher ist, wenn der Abgiff nicht am anderen Ende der Widerstandsbahn steht und weil außerdem natürlich die entstehende Wärme nur in dem aktiven Teil entsteht, also stärker lokal konzentriert ist. Bei der Auswahl eines Typs muß man nicht nur dies berücksichtigen, sondern auch den „ungünstigsten Fall", nämlich den kleinsten Widerstandswert, der eventuell eingestellt wird.

Festwiderstände

Wie die Bezeichnung zum Ausdruck bringt, haben diese Bauelemente einen festen Widerstandswert, mögliche Abweichungen und ihre Grenzen sind festgelegt.

Festwiderstände gehören meistens einer der folgenden Hauptgruppen an:

- Kohleschichtwiderstand
- Metallschichtwiderstand
- Metallfilmwiderstand
- Drahtwiderstand

Der Kohlewiderstand wurde früher aus massiver Kohle als Stab hergestellt, die Anschlußdrähte waren um die Enden gewickelt. Diese Typen hatten viele Nachteile, sie waren mechanisch empfindlich, rauschten wie das Meer und hatten einen weiten Toleranzbereich des Widerstandes.

Bei modernen Kohlewiderständen ist eine dünnen Kohleschicht auf einen keramischen Träger aufgedampft. Die metallischen Kontakte sind an den Enden aufgepreßt. Der Widerstand wird in einer Art kleiner Drehbank mit einem computergesteuerten Stichel auf seinen Wert getrimmt, der Stichel gräbt eine spiralige, kohlefreie, also isolierende Bahn in die zylindrische Oberfläche.

Der wichtige Metallfilmwiderstand entsteht durch Aufdampfen einer homogenen Schicht Chromnickel auf einen keramischen Träger. Auch hier wird mit einer spiraligen Bahn der Widerstandswert eingestellt; mehrere Lackschichten schützen das Bauelement von chemischen Einflüssen durch Salze und Säuren.

Metallfilmwiderstände haben einen sehr niedrigen Temperaturkoeffizienten und halten ihren Widerstandswert über lange Zeit. Es lohnt sich also, diese Ausführungen mit sehr engen Toleranzen herzustellen. Wenn in diesem Zusammenhang der Begriff PPM bzw. „Parts Per Million" fällt, dann bezeichnet er den Temperaturkoeffizienten, das PPM ist hier Promille von Promille Widerstandsänderung pro Grad Celsius.

Im Aufbau dem Metallfilmwiderstand ähnlich ist der Metall-Glas-Widerstand, der allgemein unter „Cermet" läuft. Diese Ausführung hat eine hohe Durchschlagfestigkeit gegen hohe Spannungen.

Die Drahtwiderstände sind die älteste Aktionsgruppe unter den Stromgegnern. Man kann sie selbst anfertigen, indem man Widerstandsdraht, den es in verschiedenen Werten (Ohm pro Meter) gibt, auf irgendetwas passendes, z.B. auf einen Bleistift wickelt. Da der Draht isoliert ist, können die Windungen nebeneinander liegen, allerdings darf man bei der Herstellung die Iso-Lage nicht beschädigen.

Die Zeit, da sich Hobby-Elektroniker mit einem Einbaumeßinstrument, Schaltern, Buchsen und Widerstandsdraht selbst ein Vielfachinstrument bastelten, ist noch gar nicht so lange her. Präzisionswiderstände (Metallfilm-W.) waren teuer und schwer zu beschaffen. Zum Abgleich diente ein geliehenes Instrument. Der Widerstandsdraht wurde etwas kürzer bemessen, als er nach der Berechnung sein mußte, dann zog man ihn in die Länge, bis der Wert „haargenau" stimmte.

Bei fertigen Drahtwiderständen ist der Draht auf einen keramischen Körper gewickelt, der Widerstand ist an der Oberfläche glasiert oder lackiert. Die Anwendung ist angezeigt, wenn hohe Belastbarkeit und/oder niedrige Widerstandswerte gefordert werden.

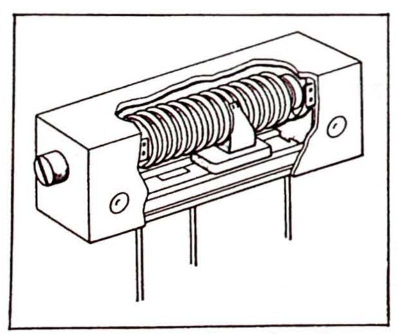


Bild 4. *Aufrißdarstellung eines Tourentrimmers. Die Schraube bewegt eine Spindel, die den Kontakt transportiert.*

Variable Widerstände Potentiometer

Unter diesen Begriff fallen alle diejenigen Widerstände, deren Wert mit einem beweglichen Kontakt eingestellt werden kann. Im allgemeinen sind es Potentiometer, d.h. die Bauelemente haben drei Anschlüsse, die beiden Enden des Widerstandes und der bewegliche Abgriff sind elektrisch zugänglich. Benutzt man alle drei Anschlüsse und sind nicht zwei der Anschlüsse in der Schaltung miteinander verbunden, so ist das Bauelement als Potentiometer eingesetzt, andernfalls als variabler Widerstand.

Für höhere Belastbarkeit und niedrige Widerstandswerte werden auch hier drahtgewickelte Ausführungen verwendet, die isolierende Schutzschicht des Widerstandsdrahtes ist entlang der Strecke, die der „Schleifer" abfährt, durch Schleifen entfernt worden. Diese variablen Drahtwiderstände haben zwei Nachteile: Die schlechte Auflösung ist

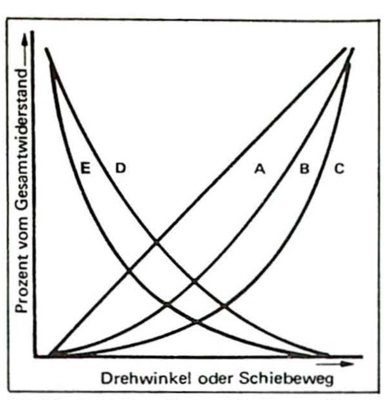


Bild 5. *Poti-Kennlinien: A=linear; B, C= halblogarithm, log., Uhrzeigersinn; D, E=halblog., log., Gegenuhrzeigersinn.*

der eine; der Abgriff „springt" von Windung zu Windung, dazwischen gibt es keinen Wert, den man definiert einstellen kann. Dieses Springen kann man beim Drehen eines sehr niederohmigen Drahtpotis sogar fühlen.

Hat ein solches Poti z.B. einen Wert von 10 Ohm, bei 10 Windungen, so springt der Widerstandswert, den der Schleifer abgreift, jedesmal um 1 Ohm. Ein Wert von z.B. 3,5 Ohm läßt sich nicht einstellen. Entsprechendes gilt für ein Drahtpoti mit z.B. 10 k-Ohm Gesamtwiderstand, das 200 Windungen hat. Auf jede Windung entfällt ein Teilwiderstand von 50 Ohm. Wer praktische Erfahrung mit diesen Dingern hat, der weiß, daß der benötigte Widerstandswert mit verblüffender Regelmäßigkeit zwischen zwei Windungen liegt, so daß man die richtige Einstellung nicht findet.

Der zweite Nachteil der Drahtpotis ist die gelegentlich schlechte Reproduzierbarkeit einer Einstellung. Eine Forderung an ein Poti lautet, daß beim Betätigen der Schleifer ununterbrochen Kontakt machen muß. Beim Drahtpoti bedeutet dies die Forderung nach einem breiten Schleifer, der so breit ist, daß er mit zwei benachbarten Windungen Kontakt macht, wenn er zwischen den beiden Windungen steht. Beim als variabler Widerstand geschalteten Poti stört diese Erscheinung nicht, es „gilt" diejenige Windung, die dem benutzen „festen" Ende des Widerstandes näher ist. Beim echten Poti kann die Erscheinung jedoch stören, weil zwei Windungen kurzgeschlossen werden, so daß sich der Gesamtwiderstand ändert. In der Praxis stellt man aufgrund dieser Problematik fest, daß sich eine frühere Einstellung oft nur schlecht wiederfinden läßt.

Bei den Kohleschichtpotentiometern gleitet ein metallischer Schleifer über eine Kohleschicht, die auf einem Träger aus Keramik oder Pertinax aufgebracht ist. Diese Konstruktion ist bei den nicht gekapselten Trimmer-Potis unmittelbar zu sehen.

Die Stell-Widerstände, die heute einfach

als Trimmer oder Trimm-Widerstände bezeichnet werden, sind preiswert, weil sie gegenüber echten Potis, die immer wieder betätigt werden, nicht so hohe Ansprüche zu erfüllen brauchen. Die häufige Betätigung, z.B. eines Lautstär-

Farbe	Ziffer
Schwarz	*0*
Braun	*1*
Rot	*2*
Orange	*3*
Gelb	*4*
Grün	*5*
Blau	*6*
Violett	*7*
Grau	*8*
Weiß	*9*

Bild 6. *Farbringcode für Widerstände.*

kepotis in einem Verstärker, verlangt eine robuste Ausführung. Damit jederzeit eine gute Kontaktgabe gewährleistet ist, muß der Schleiferkontakt selbstreinigend sein, sonst kommt es bald zu Unterbrechungen beim Betätigen, die sich beim Einsatz in einer Verstärkeranlage als unschöne Störgeräusche äußern. Mit den Reinigungsflüssigkeiten (Fettlösern) läßt sich zwar Abhilfe schaffen, nicht jedoch bei den üblichen gekapselten Potentiometern.
Wenn das Bauelement einen vierten Anschluß hat, so steht er in Verbindung mit der metallischen Kapsel und dient zum Erden, somit kann das Poti als Ganzes abgeschirmt werden.
Bei Doppelpotentiometern sind zwei Potis mechanisch miteinander verbunden. Haben sie eine gemeinsame Achse zum Betätigen, so spricht man von Tandempotis. Andere Doppelpotis haben zwei konzentrische Achsen, die mit einem „großen" und einem „kleinen" Knopf gedreht werden.
Für zahlreiche Anwendungen, insbesondere im Bereich der NF-Technik, sind Potentiometer erforderlich, deren Kennlinie (Widerstandsverlauf in Abhängigkeit vom Schiebeweg oder Drehwinkel) nicht linear, sondern z.B. logarithmisch verläuft. Findet man bei einem Poti weder die Bezeichnung „lin." oder „log.", so ersetzt im allgemeinen ein Buchstabe diese Kennzeichnung; A bedeutet linear, B steht für logarithmisch.
Bei Drehpotis, die im allgemeinen einen Drehwinkel von 270 Grad haben, gibt es die Sondergattung „Tourentrimmer", die Achse muß 10mal, 20mal oder noch öfter gedreht werden, bevor der Schleifer die gesamte Widerstandsbahn zurückgelegt hat. Der Vorteil ist deutlich: hohe Auflösung der Widerstandseinstellung.

Farbkennzeichnung Reihen Toleranzen

Bei allen Potis, Trimmern und größeren Festwiderständen sind die wichtigen Daten lesbar, also unkodiert aufgedruckt oder eingestanzt. Die üblichen 1/3- oder 1/8-Watt-Festwiderstände jedoch sind so winzig, daß ein solches Verfahren der Kennzeichnung hier nicht möglich ist.
Außerdem möchte man auch oft den Wert eines Widerstandes ablesen können, der in einer Schaltung eingelötet ist. Ein Aufdruck, der zum Print gerichtet ist, entzieht sich jedoch der Beobachtung.
Die Kennzeichnung mit Farbringen bringt für beide Probleme die Lösung. Der äußerste Ring ist der erste, die weiteren werden nach innen gezählt. Die Tabelle Bild 2 zeigt, wie Farben und Ziffern zugeordnet sind. Beim Ablesen setzt man in Gedanken, beim ersten Ring beginnend, die Ziffern hintereinander. Das gilt jedoch nur für die beiden ersten Ringe, denn der dritte gibt die Anzahl der Nullen hinter den beiden ersten Ziffern an. Ist der dritte Ring z.B. schwarz, so hat der Widerstandswert Null Nullen, d.h. er liegt zwischen 10 und 99 Ohm, wobei die Ringe 1 und

E3	E6	E12	E24
10	*10*	*10*	*10*
			11
		12	*12*
			13
	15	*15*	*15*
			16
		18	*18*
			20
22	*22*	*22*	*22*
			24
		27	*27*
			30
	33	*33*	*33*
			36
		39	*39*
			43
47	*47*	*47*	*47*
			51
		56	*56*
			62
	68	*68*	*68*
			75
		82	*82*
			91

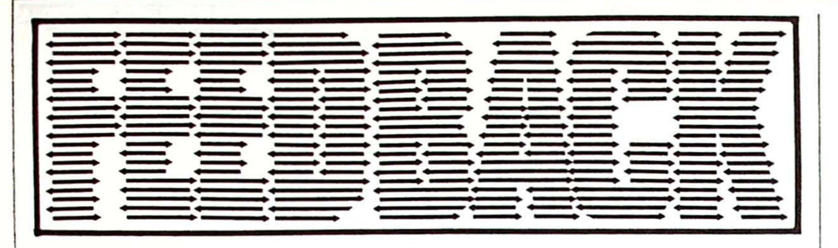
Bild 7. *Die wichtigsten Widerstandsreihen.*

2 die betreffende Zahl angeben. So bezeichnet die Farbfolge: braun, grün, schwarz einen 15 Ohm-Widerstand.
Der vierte Ring gibt den Toleranzbereich an. Ein Widerstand mit dem Nennwert 100 Ohm und einer Toleranz von 10% hat einen tatsächlichen Wert, der um 10 Ohm höher oder niedriger sein kann.
Der vierte Ring kann folgende Farben haben:

Rot 2%
Gold 5%
Silber 10%

Fehlt der vierte Ring, so gilt eine Toleranz von 20%, aber diese Widerstände sind ausgestorben.
Wie die Tabelle in Bild 7 zeigt, ordnen sich die gängigen Widerstandswerte jeder Dekade zu einer merkwürdigen Folge von Zahlen. Die Ursache ist darin zu sehen, daß eine Einteilung nach gleichen Widerstandsdifferenzen zweier benachbarter Werte sachlich nicht zweckmäßig ist, eine sinnvolle Abstufung geht von gleichbleibenden Verhältnissen der Zahlenwerte von Stufe zu Stufe aus.
Für den Hobbybereich sind die Werte der E12-Reihe gängig zu haben, bei E24 muß man schon speziellere Adressen bemühen. Selbstverständlich nehmen die Toleranzen mit zunehmender E-Zahl ab, sonst gäbe es keinen Sinn, die Werte so fein abzustufen.
Ist ein bestimmter Widerstandswert in einer Schaltung genau einzuhalten und gelingt es nicht, den Wert mit der erforderlichen geringen Toleranz zu beschaffen, so mißt man aus einer größeren Anzahl weit tolerierter Exemplare das passende aus oder tastet sich mit Parallel- oder Reihenschaltung an den richtigen Wert heran.

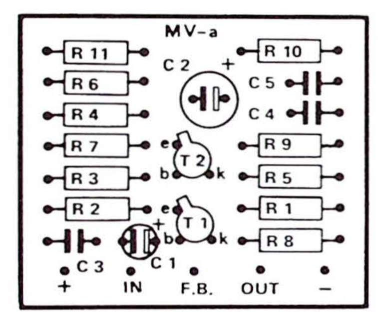
Ein „dicker Johnny", Schiebewiderstand, auch als Potentiometer schaltbar, wie er für Laborzwecke benutzt wird. Die Daten dieses Exemplars: 10 Ohm, 8 Ampere.



Feedback (engl.) bedeutet Rückkopplung. Das ist der Oberbegriff für Mitkopplung (positive feedback) und Gegenkopplung (negative feedback). Von Lesern kommen zahlreiche Hinweise und Fragen zu bereits veröffentlichten Beiträgen. Unter der Bezeichnung „Feedback" wird versucht, mit allen Unklarheiten, Fehlern oder Mängeln der Beschreibung ins Reine zu kommen.

Universeller Vorverstärker Heft 5/79, Seite 13

Bild 9 zeigt den Bestückungsplan, der nach dem jetzigen Stand der Erkenntnisse keinen Fehler enthält. Wir drukken ihn hier sicherheitshalber noch einmal ab, damit nichts schief gehen kann. Denn was da passiert ist, läßt sich im nachhinein nicht mehr feststellen, aber der Fehler könnte zur falschen Bestückung des Prints führen: Unmittelbar neben dem Bestükkungsplan ist ein Foto des bestückten Prints zu sehen. Trotz der noch nicht ganz zufriedenstellenden Bildqualität in P.E. läßt das Foto den Bestückungsaufdruck des Prints erkennen, und der ist falsch! Zwar nur im Foto, denn der fertige Serviceprint ist O.K. Die Bezeichnungen der Kondensatoren C1, C2 und C3 sind im Foto vertauscht, während die Bauelemente selbst (größerer Elko, kleiner Elko, MKH-Kondensator) im Foto durchaus an der richtigen Stelle sitzen.



Programm-hinweis

Aus technisch-redaktionellen Gründen konnte der Eingangs-Baustein des Puzzle-Verstärkers, die letzte zu beschreibende Einheit, nicht wie vorgesehen in dieser Ausgabe veröffentlicht werden.

Wenn alle Termine trotz der Urlaubszeit eingehalten werden können, kommt der Beitrag in Heft 8, sonst eine Nummer später. Wir bitten um Geduld und Verständnis.

Für die nächsten Ausgaben sind u.a. Beiträge zum Selbstbau von Lautsprecherboxen, weitere Experimente mit dem TTL-Trainer und Schaltungen zum Themenbereich „Disco" geplant.

Inserentenverzeichnis

Populäre Elektronik

Nr. 8/79 August erscheint am 19.7.1979

SONDERANGEBOT !

HI-FI STEREO AMPLIFIER



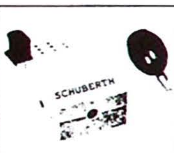
mod. BF 378

160 Watt HiFi-Studio-Stereoverstärker, 1 Jahr Garantie!

ab Lager lieferbar
BF 378 . . . . DM 299,95
ab 3 Stck à . . . . DM 290,00

Technische Daten
Musikleistung 130 W
Sinusleistung 2 x 50 W
Klirrfaktor: 0,2%
Intermodulatie distortion: 0,2%
Frequenz: 15-30 000 Hz ± 1 dB
Signal/noise relationship: 65 dB
Schutz gegen Kurzschluß durch eingebaute Schutzsicherungen im Lautsprecher-Stromkreis

Eingänge: Phono magnet, tuner, Aux 1+2, Tape cinch und Dioden (RCA + PENTA)
Ausgänge: Tape RCA+PENTA, Stereo-Kopfhörer, 2 Steckeranschlüsse 220 V 50-60 Hz, 2 paar Lautsprecher A+B
Controls: Lautstärke in dB, Balance, Treble, Bass, Loudness filter, Rumble filter, Scratch filter, Mono/Stereo, Muting ./. 20 dB
Power supply: 220 V, Maße: 365 x 275 x 125 mm



Akustischer Schalter (Geräuschschalter) Empfindlichkeit einstellbar auf div. Geräusche (z.B. Klatschen usw.) oder auf Signale des mitgeliefr. Pfeiftongebers. Netzanschl. 220 W. Man kann Geräte wie Fernseher, Licht, Tonband usw. bis max. 500 W anschließen.
Klatschschalter kpl. à 36,35 ab 10 Stück . . . à 28,—
ab 3 Stück . . . . à 34,35

NN 35 Netzteil stufenlos regelbar von 0-35 V und der Strom von 1 mA-2 A, mit 2 Potentiometern. Die Regelung erfolgt durch das Spannungsregler IC 723 mit 2 nachgeschalteten Leistungstransistoren. Die beiden Potis für Spannung und Strom befinden sich auf der Platine. Platine 13 x 7 cm. Mit dem Stromregler kann man einen bestimmten Strom einstellen. Übersteigt der Ausgangsstrom den eingestellten Wert, so schaltet das Gerät ab.
Bausatz NN 35 . . . . DM 32,95
Netztrafo 2 A . . . . DM 14,95
Bausatz NN 35 mit Gehäuse komplett und Instrumenten . . . . DM 109,95
Gehäuse, leer, komplett gestanzt und bedruck (22 x 15 x 9 cm) . . . . . . DM 37,50
Fertiggerät NN 35 im Gehäuse . . . . . . DM 149,50

NETZTEIL 0 – 50 V

stufenlos regelbar, Strom max. 3,5 A, schaltet bei Kurzschluß durch einen Thyristor ab, hochkonstant durch temperaturkompensierte Referenzspannungsquelle. Änderung der Ausgangsspannung von 0 auf Vollast nur 0,005%!
Einführungspreis, Bausatz . . . . DM 44,95
Netztrafo passend . . . . DM 32,95
Passendes Gehäuse mit sämtlichen Bohrungen, beschrifteter Frontplatte . . . . DM 49,95
Passende Instrumente 50 V, 3 A . . . . . . à DM 19,95
Fertiggerät im Gehäuse . . . . DM 199,95

NEU! 30 Watt FBI-Sirene
Betriebsspannung 10 -25 V, auf- und abschwellende Ton, Heulton und Impulston einstellbar
Bausatzpreis . . . . DM 16,95

Angebot des Monats
10 Kanallauflicht, 10 x 500 W Ausgänge, mit Netzteil, umschaltbar auf 4-6-8-10 Kanallauflicht.
Bausatz . . . . DM 29,95



LD 42, 4-Kanal-Digitallichtorgel mit Selbststeuerung, Pauselicht, 3 Regler für Empfindlichkeit, Lauflichtgeschwindigkeit und Umschaltung Digit-Duallauflicht. Bei Mittelstellung ergibt sich die Variante: Lauflicht mit Musikansteuerung. Triacsteuerung, pro Kanal 1000 W Spitze belastbar, mit Netzteil, Knöpfen usw.
Bausatz LO 42, 4-Kanal . . . . DM 76,—
Fertigbaustein LO 42 . . . . DM 89,—
Passendes Gehäuse . . . . DM 9,50
Fertiggerät LO 42 . . . . DM 169,—



LOB 3/1000 AV, eine 3-Kanal-Lichtorgel mit einer Leistung von 3x 1000 W/220 V. 3 Regler für die einzelnen Kanäle, 1 Volumenregler. Diese Ausführung besitzt eine hervorragende Kanaltrennung, da jeder Kanal einen aktiven RC-Filter eingebaut hat. Dadurch wird eine fast unerreichte Kanaltrennung der tiefen, mittleren und hohen Frequenzen erreicht. Der NF-Eingang wird zusätzlich durch einen Transistor verstärkt. Dadurch hat diese Lichtorgel eine Eingangsempfindlichkeit von ca. 0,1 W, das bedeutet, daß ein Cassettenrecorder zur Aussteuerung voll genügt. Durch die eingebaute NF-Automatik entfällt das Nachregeln der Kanäle bei schwankender Musiklautstärke.

Bausatz LOB 3/1000 AV . . . . DM 42,50
Fertigbaustein 3/1000 AV . . . . DM 54,—
Passendes Gehäuse mit Frontplatte . . . . DM 9,50

LO 96, Lichtorgel wie 3/1000 AV, jedoch mit gestanztem Gehäuse, Steckdosen, Netzkabel, NF-Buchse, Knöpfen usw.
Bausatz LO 96 DM 65,— Fertiggerät LO 96 DM 96,50



LIGHT 2000
Das Lichtsteuergerät Light 2000, das Gerät der Superlative. Das 4-kanalige Gerät hat eine garantierte Ausgangsleistung von je 2000 Watt. Dieses ist konzipiert für extremsten Dauerbetrieb in Discotheken, bei Kapellen, und natürlich auch für den privaten Gebrauch, ein Lichtsteuergerät, das keine Wünsche offen läßt. Auf Lebensdauer und Störanfälligkeit wurde bei der Entwicklung strengstens geachtet.
Das Gerät Light 2000 hat folgende Betriebsvariationen:
a) analoge Lichtorgel (frequenzselektiv)
b) 4-Kanal-Digitallichtorgel
c) 4-Kanallauflicht
d) 4-Kanallauflicht invertierbar (Lampen werden nacheinander dunkel)
e) 4-Kanallauflicht normal und ivertiert in gleichzeitigen Betrieb.
f) sämtliche 4 Kanäle können bei den oben aufgeführten Betriebsarten gedimmert werden.
Die Funktionen a-e werden mit dem Tastensatz umgeschaltet. Die Lichtorgel besteht aus der Grundplatine, auf die sämtliche Baugruppen a-e aufgesteckt werden. Die Verbindungen werden mit hochwertigen AMP-Steckverbinder hergestellt. Das Gerät wird am Lautsprecher angeschlossen, hat am Eingang einen Operationsverstärker mit Automatik bei schwankender Lautstärke. Die 3 Regler gehören zum einstellen der Eingangsempfindlichkeit, Lauflichtgeschwindigkeit und Dimmer.
Das Light 2000 arbeitet mit Nullpunktsteuerung, dadurch entfallen die Anstieg- und Abfallflanken bei der Triacansteuerung. Somit ist ein vollkommen störungsfreier Betrieb möglich. Jegliche Arten von Funkentstörung entfällt hiermit. Das Netzteil ist stabilisiert und sämtliche Bauteile inkl. dem Netztrafo befinden sich auf der Platine.
Bestückung: 22 IC, 10 Transistoren, 4 Triacs, usw. Platine 28 x 14 cm (Grundplatine).

Bausatz LIGHT 2000 komplett . . . . DM 249,—
Fertigbaustein LIGHT 2000 . . . . DM 298,—

Platinensatz (5-teilig) mit 13-seitiger Beschreibung und Oszillogrammen . . . . DM 38,—

Passendes Gehäuse komplett gelocht und mit beschrifteter Frontplatte . . . . DM 98,95

LIGHT 2000 betriebsbereit im Gehäuse mit eingebauten Steckdosen . . . . DM 598,—



Schwarzlicht
Lampe, 220 V~, 75 W Fassung E27 normal, kein Vorschaltgerät erforderlich . . . . DM 3,88



Ab DM 8,85
Comptalux color, Reflektorlampe, Preßglaskolben, verspiegelt, 100 W, Sockel E27, in den Farben Rot, Gelb, Grün, Blau . . . . . DM 9,90
ab 10 St., farbig à DM 8,95
Große farbige Reflektorlampe, 40 W, E 27-Fassung in den Farben: Rot/Blau/Grün/Gelb/Violett u. Weiß . . DM 5,95
ab 10 Stück . . . . à DM 4,95



AFS-Strahlerfassung, allseitig schwenkbar, Fassung Alu, Fuß Kunststoff, für Decken- oder Wandmontage . . DM 9,95
E 27 . . . . . . ab 10 Stück à DM 8,95

NN 22/6 Ein Netzgerät von 0 - 22 V stufenlos regelbar. Der Ausgangsstrom kann von 0 - 6 A betragen. Ein ideales Netzgerät für Funkgeräte, zum Batterieladen, usw.
Bausatz 22/6 komplett mit Hochleistungskühlkörper . . . . DM 29,95
Passender Netztrafo 22/6 A . . . . DM 24,95
Passendes Gehäuse mit gelochter Frontplatte . . . . DM 49,95
Passende Einbauinstrumente 30 V und 5 A . . DM 19,95

MPX 4000 in Stereoausführung. Ein 4-Kanalmischpult mit 2 Magneteingängen, 1 Tonbandeingang und 1 Mikrofoneingang mit Höhen-Tiefenregelung zur optimalen Anpassung der Mikrofone und der Stimme. Die 2 Magneteingänge schalten automatisch auf Kristalleingang um bei Anschluß eines Kristallplattenspielers. Auf der Platine befindet sich ein eingebautes Netzteil. Bestückung: 8IC. Frequenzgang: 10Hz-28KHZ. Klirrfaktor kleiner 0,15%.
Eingänge: 2x Magneteingang 2mV- 200mV
1x Mikrofoneingang 2mV - 20mV
1x Tonbandeingang 200mV.
Die Höhen-Tiefenregelung des Mikrofoneinganges beträgt + 18 dB. Das MPX 4000 kann als einbau- oder als Standgerät Verwendung finden.
Bausatz MPX 4000 . . . . DM 49,95



– Besonders preiswert!!



Koax-Kolbenlautsprecher „SP-500 X" (DF-12-HC-4), in verbesserter Ausführung, mit sehr gutem Wirkungsgrad für kleine und mittlere Hi-Fi-Boxen. Breitband mit eingeb. Hochtonkegel — daher gesamter Freq.-Bereich 30–20 000 Hz, Imp. 8 Ω, Belastbarkeit 20 W (max. 25 W, in geschl. Box, 5—10 l), Maße: 130 x 130 mm. Schallöffnung 110 mm ⌀ nur St. **DM 14.25**
ab 10 Stück à **DM 13.95**



LP 175/19 4 OHM Frequenzbereich 20 Hz-20 Khz, Belastbarkeit max. 25 W, Korbdurchmesser 17,65 cm, Schallöffnung 16,0 cm. Ein HiFi Breitbandlautsprecher von excellenter Qualität und Preiswürdigkeit, mit eingebautem Hochtonkegel.

LP 175/19 a . . . DM 14,95
ab 10 Stck. a . . DM 13,95

LPT 130/2 HiFi-Tieftonlautsprecher 35/50 W, Frequenzbereich 40 Hz - 10 Khz, 4 Ohm. Durchmesser 13 cm, Schallöffnung 11,6 cm.

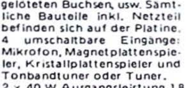
LPT 130 a . . . . DM 18,95
LPT 130 ab 10 Stck. a . . . . DM 17,55



LED-HERRENUHR 6 Funktionen, mit Metallarmband, verstellbar. Stunden, Minuten, Sekunden, Monat, Tag, Wochentagsanzeige. 1 Jahr Garantie (nicht auf Batterien).

1 Stck. . . . . . . DM 24,95

HiFi - Stereo Verstärker TVV 4000



Ein Stereoverstärker der Spitzenklasse in Kompaktform. Bei diesem Verstärker gibt es keine schwierigen Abgleich- und Einstellarbeiten, keine falsch angeschlossenen Tastensätze, keine falsch angelöteten Buchsen, usw. Sämtliche Bauteile inkl. Netzteil befinden sich auf der Platine. 4 umschaltbare Eingänge: Mikrofon, Magnetplattenspieler, Kristallplattenspieler und Tonbandtuner oder Tuner.
2 x 40 W Ausgangsleistung 18 - 2400 Hz Klirrfaktor kleiner 0,2 % Höhen - Tiefenregelung ± 18 dB, Lautsprecherausgang 4 - 8 OHM, Trafospannung 2 x 16 V, Intermodulation 0,1 %
Bausatz TVV 4000 . . . . DM 99,00;
Passender Netztrafo . . . . DM 22,95;
Passendes Alugehäuse, schwarz eloxiert, bedruckte und gelochte Front- und Rückseite, mitsamtlichen Bohrungen versehen . . . . DM 49,95



WA 7700
200 W HiFi-Stereo-Verstärker, 2 x 100 W Musik, 2 x 70 W Sinus, 4 , 10-60.000 Hz, Phono mag., Tuner, Aux., 2 x Tape.
DM 359,--



WT 7700
HiFi - Stereo - Tuner, UKW, MW. Empfindlichkeit 1,9 uV, Hi-Blendschalter.
DM 299,--

EM-103 L EM 103 H
. . . . . . DM 29,95

OMNI-DIRECTIONAL ELECTRET CONDENSER MICROPHONE

Sensitivity	: L-65 db H-45 db at 1,000 HZ
Response	: 30-18,000 HZ
Impedance	: L 600 H 50 k
Power supply	: 1,5 V (UM-3)
Dimensions	: 22 o x 170 m/n
Weights	: 300 g
Material	: Aluminium
Cable	: 6 m
Accessories	: Mike holder, wind screen



Ihr Schaltungswunsch in P.E.!

P.E. praktiziert Mitbestimmung für aktive Freizeitelektroniker! Wie funktioniert das?
In jeder Ausgabe von Populäre Elektronik finden Sie eine vorgedruckte Karte zum Abtrennen. Auf der Rückseite tragen Sie fünf Schaltungswünsche ein. Freimachen und abschicken — das ist alles. Wenn Sie Nochnichtabonnent sind und ein Abo bestellen, stecken Sie die Hitparadekarte zu der Abo-Bestellung in einen Umschlag, der mit DM 0,60 frankiert wird. Dann sind Sie für ganze 10 Pfennige auch in der Hitparade dabei.
In der vorliegenden Ausgabe finden Sie das „Balance-Modul", dieser Titel stand bisher auf Platz 21 der Hitparade. Die nächsten Themen aus der Liste sind voraussichtlich die Nummern 2, 12 und 13.

1.	Kurzwellen-Empfänger	2469
2.	Modellbahn-Elektronik	2166
3.	Thermometer	2038
4.	Ladegerät für NiCd-Akkus	2001
5.	Ultraschall-Einbruchalarm	1935
6.	Klangeinsteller in Modultechnik	1813
7.	Vorverstärker in Modultechnik	1333
8.	RLC-Meter	1230
9.	UKW-Empfänger	1162
10.	Stroboskop	1142
11.	Antennenverstärker	874
12.	Umformer für Leuchtstofflampe	810
13.	Lauflicht	791
14.	Fernsteuerung	636
15.	Lichtschranke	614
16.	Equalizer	403
17.	Gitarreneffekte	378
18.	TV-Spiele	369
19.	Metalldetektor/Leitungssucher	152
20.	Lautstärke-Modul	150

Der Abo-Tip

Aus der Praxis für die Praxis: Irgendwer hat irgendwann eine Idee, wie man als Hobby-Elektroniker mit einem kleinen Trick Arbeit und Material sparen kann, etwas besser oder schneller machen kann usw. Meistens handelt es sich um Kleinigkeiten, die angeblich „nicht der Rede wert" sind.
P.E. meint: Eine Tipkiste ist eine Trickkiste. P.E. macht die Kiste auf und holt in der Tip-Rubrik einen nach dem anderen heraus.

In dieser Ausgabe finden Sie den Tip Nr. 15, er zeigt, wie man ein Drehspulinstrument für Wechselspannungsmessung präpariert.
Hier gleich der nächste Tip: P.E.-Abonnent werden. Dann füllt sich Ihre Trickkiste von selbst.
Und damit sich die Sache auch für Sie lohnt, können Sie mit großem Preisvorteil abonnieren. Beachten Sie bitte die Abo-Anzeige in dieser Ausgabe.

Ein tolles Angebot!

P.E. plus Sammelordner! Sie sparen über 25%!

Jetzt gibt es die Möglichkeit, so günstig wie noch nie P.E.- Abonnent zu werden. Denn Sie können über 25% dabei sparen! Und das Heft wird Ihnen dann vom Postboten ins Haus gebracht; immer etwas früher als am Kiosk.

Rechnen Sie doch mal nach: 12 mal P.E. am Kiosk kosten DM 36,–. Der neue praktische Sammelordner im größeren Format für einen ganzen Jahrgang kostet DM 11,80. Macht zusammen DM 47,80.

Wenn Sie jetzt abonnieren, erhalten Sie P.E. und Sammelordner für zusammen nur DM 38,–.

Sie können aber auch die Zeitschrift ohne Sammelordner abonnieren und sparen dabei auch noch über 17%! Wer jetzt abonniert und wem Heft 1/79 oder 2/79 in seiner Sammlung fehlt, der erhält 12 mal P.E. plus Sammelordner plus Heft 1/79 oder 2/79 für nur DM 38,– das sind über 25% Ersparnis!

Wichtig: Dieses Angebot gilt nur für Neuabonnenten. Wer bisher schon P.E.-Abonnent ist, soll vom P.E.-Abonnenten-Vorzugspreis profitieren können: Der praktische Sammelordner kostet dann nur DM 9,80!

Das sind die Vorzüge eines P.E.-Abonnements

- Über 17% Preisersparnis gegenüber dem Preis am Kiosk.
- Vom Postboten ins Haus gebracht, immer etwas früher als am Kiosk.
- Kein Gerichtsvollzieher, wenn man mal die Kündigung vergessen hat und P.E. nicht weiter haben will.
- Sammelordner und Buchbestellung zum P.E.-Abonnenten-Vorzugspreis.

☐ Ja, ich möchte über 25% sparen und abonniere P.E. plus Sammelordner plus ☐ Heft 1/79 oder ☐ Heft 2/79

☐ Ich möchte P.E. plus Sammelordner abonnieren und über 20% sparen.

☐ Ich möchte nur P.E. ab sofort abonnieren und über 17% sparen.

☐ Ich bin P.E.-Abonnent und möchte den Sammelordner zum P.E.-Abonnenten-Vorzugspreis von DM 9,80 incl. Porto und Verpackung bestellen.

☐ Ich zahle auf Postscheck-Konto
291626-509 Köln
M+P Zeitschriften
Verlag GmbH & Co.

☐ Ich zahle per Scheck

....
Name, Vorname

....
Unterschrift

....
Ort

....
Straße

HECK - ELECTRONICS

Aus P.E.-Heft 1:
FBI-Sirene Bauteiles. incl. Lautspr. ..... DM 13,10
P.E.-Platine SI-a ..... DM 4,35
Elektro-Toto-Würfel Bauteiles m. Geh. ..... DM 24,90
P.E.-Platine DS-a ..... DM 6,60
Frontplatte gebohrt und bedruckt ..... DM 13,30
Transitest kpl. Bauteiles. m. Gehäuse ..... DM 16,50
P.E.-Platine TT-a ..... DM 6,75
Frontplatte gebohrt und bedruckt ..... DM 13,90

Aus P.E.-Heft 2:
Carbophon Bauteilsatz ..... DM 23,90
P.E.-Platine CF-a ..... DM 6,30
Gehäuse (Pult) ..... DM 5,50
Spannungsquelle Bauteiles. m. Trafo ..... DM 39,50
P.E.-Platine GV-a ..... DM 11,60
Frontplatte gebohrt und bedruckt ..... DM 17,80
Gehäuse TEKO P 3 ..... DM 5,90
TESTY kpl. Bauteiles. m. Gehäuse ..... DM 7,70
Frontplatte gebohrt und bedruckt ..... DM 13,50

Aus P.E.-Heft 3:
Die totale Uhr Bauteilesatz ..... DM 85,50
P.E.-Platine DK-a+b ..... DM 19,60
Gehäuse TEKO 333 ..... DM 10,50
50-Watt-Verstärker i. Modult. 1 Kanal incl. Stereonetzteil ..... DM 116,50
P.E.-Platine PA-a ..... DM 10,95
Bauteiles. f. d. 2. Kanal (Stereo) ..... DM 59,90
Frontplatte (pos. o. neg.) ..... DM 11,15
Die Kassette im Auto kpl. Bauteilesatz mit Gehäuse und Platine ..... DM 10,10

Aus P.E.-Heft 4:
Codeschloß Bauteilesatz ..... DM 26,60
P.E.-Platine ES-a ..... DM 7,15
LED-VU-Meter (in Modultechnik) kpl. Bauteilesatz je Kanal ..... DM 28,50
P.E.-Platine VU-a ..... DM 9,35
Frontplatte (pos. o. neg.) ..... DM 11,15
MIKRO-2 (Signalhorn) Bauteiles. ..... DM 11,90
P.E.-MIKRO Hauptplatine MI-a ..... DM 8,50
P.E.-MIKRO Trimmerplatine MI-b ..... DM 4,95
MIKRO-1 (Blinker) Baut. m. Platine ..... DM 13,40
Gehäuse m. Gleitmutterkanälen f. P.E.-Moduls. Größe 300...DM 49,50/Größe 500 ..... DM 69,90

Aus P.E.-Heft 6:
Tremoloko Bauteiles. m. Zubehör ..... DM 48,90
P.E.-Platine TR-a ..... DM 13,85
Frontplatte (pos. o. neg.) ..... DM 15,35
Minimix Bauteiles. ..... DM 38,80
P.E.-Platine MM-a ..... DM 12,90
Gehäuse TEKO 334 ..... DM 13,10
PUFFI Bauteiles. ..... DM 5,70
P.E.-Platine BU-a ..... DM 6,40
Gehäuse ALU ausreichend f. 2 Platinen ..... DM 3,55

Aus P.E.-Heft 6:
Signal-Tracer m. Knöpfen u. Fassungen ..... DM 30,90
P.E.-Platine SV-a ..... DM 13,95
Frontplatte gebohrt und bedruckt ..... DM 22,90
Gehäuse TEKO P/4 ..... DM 11,00
TV-Tonkoppler Bauteiles. ..... DM 29,90
P.E.-Platine TV-a ..... DM 12,55
Gehäuse TEKO 333 ..... DM 10,50
LESLIE (Modultechnik) Bauteiles. ..... DM 5,90
P.E.-Platine TR-b ..... DM 6,35
Frontplatte (pos. o. neg.) ..... DM 9,00

Aus P.E.-Heft 7:
Basisbreite Bauteilesort. m. Zubehör ..... DM 19,40
P.E.-Platine BB-a ..... DM 9,10
Frontplatte (pos. o. neg.) ..... DM 12,85
TTL-Trainer Bauteiles. m. Kabel ..... DM 61,90
P.E.-Platine DT-a ..... DM 29,00
Gehäuse P/4 ..... DM 11,00
MIKRO-4 (Flip-Flop) Bauteiles. ..... DM 6,90
P.E.-MIKRO-4 Hauptprint MI-a ..... DM 8,50

Aus P.E.-Heft 8:
Superspannungsquelle Bauteiles. lt. Stückliste m. Instr., Knöpfen usw. ..... DM 143,70
P.E.-Platine SSQ ..... DM 13,10
Gehäuse SSQ m. Kühlkörper, Rückw. ..... DM 39,80
Mini-Uhr m. Maxi-Display, Bauteiles. ..... DM 58,90
P.E.-Platine DK-c/d ..... DM 10,95
Spez. Uhrengehäuse m. Plexi-Scheibe ..... DM 6,90
Loudness-Filter Bauteiles. ..... DM 17,80
P.E.-Platine FV-a ..... DM 9,70
Frontplatte (pos. o. neg.) ..... DM 11,00

Aus P.E.-Heft 1/78:
Sinusgenerator (Modul) Bauteiles. ..... DM 34,90
P.E.-Platine SG-a ..... DM 14,10
Frontplatte FN-SG-a ..... DM 17,30
n-Kanal-Lichtorgel Hauptprint Bauteiles. je Kanal lt. Stückliste ..... DM 29,80
DM 13,90
P.E.-Basisplatine LO-c ..... DM 8,30
P.E. Kanalplatine LO-d ..... DM 5,00
Lichtdimmer Bauteiles. kpl. lt. Stückl. ..... DM 21,90
P.E.-Platine LD-a ..... DM 6,80
Gehäuse TEKO 3/B ..... DM 3,90

Aus P.E.-Heft 2/78:
Rauschfilter i. Modultechnik Bauteiles. ..... DM 19,90
P.E.-Platine RF-a ..... DM 8,90
P.E.-Frontplatte (pos. o. neg.) ..... DM 11,60
Goliath-Display Bauteile lt. Stückl. ..... DM 27,70
P.E.-Platine UD-a/b ..... DM 10,10
Pausenkanal für n-Kanal-Lichto. Baut. ..... DM 13,50
P.E.-Platine LO-e ..... DM 5,00
MIKRO-5 (Mono-Flop) m. Platine ..... DM 12,90

Aus P.E.-Heft 3/78:
Spannungslupe Bauteile lt. Stückl. ..... DM 18,30
P.E.-Platine SL-a ..... DM 5,25
Gehäuse TEKO p/2 ..... DM 4,40
Rechteckzusatz z. Sinusgenerator ..... DM 18,90
P.E.-Platine SW-a ..... DM 7,80
P.E.-Frontplatte FN-SW-a ..... DM 9,15
Goliath-Netzteil Baut. m. Trafo ..... DM 49,90
P.E.-Platine GV-e ..... DM 13,90

Aus P.E.-Heft 4/78:
Hall i. Modultechnik lt. Stückl. m. OPA ..... DM 39,80
P.E.-Platine RV-a ..... DM 8,90
P.E.-Frontplatte (pos. o. neg.) ..... DM 12,85
O.P.A.-Operationsverstärker Bauteiles. ..... DM 8,90
P.E.-Platine OP-a ..... DM 5,35
LOGIC-PROBE Baut. lt. Stückl. ..... DM 8,50
P.E.-Platine LT-a ..... DM 5,05

Neu aus P.E.-Heft 4 und 5/78. NEU NEU:
SNOBBY-Geräuschschalter Bauteiles. Hauptprint mit Mikro ..... DM 28,70
Platine Snobby-a ..... DM 9,90
Bauteilesatz Netzteilprint ..... DM 39,80
Platine Snooby-b ..... DM 9,80
Bauteilesatz Steuerprint ..... DM 29,90
Platine Snobby-c ..... DM 9,70

Aus P.E.-Heft 5/78:
Peace-Maker lt. Stückliste ..... DM 13,90
P.E.-Platine PM-a ..... DM 5,90
Gehäuse P/2 ..... DM 4,40
Digitalmeter i. Modultechnik Bauteiles. ..... DM 79,90
P.E.-Platine DM-a/b ..... DM 19,35
P.E.-Frontplatte FN-DM-a ..... DM 19,50
DC-Vorsatz lt. Stückl. ..... DM 13,90
Frontplatte FN-DM-b ..... DM 9,15

Aus P.E.-Heft 6/78:
Digital-Analog-Timer Bauteiles. ..... DM 59,90
P.E.-Platine UT-a ..... DM 18,00
P.E.-Gehäuse gebohrt und bedruckt ..... DM 17,00
Sensorschalter Baut. lt. Stückl. ..... DM 16,90
P.E.-Platine TT-b ..... DM 10,20
L.E.D.S. Bauteile lt. Stückl. ..... DM 7,90
P.E.-Platine LE-a ..... DM 6,90

Aus P.E.-Heft 7/78:
Ohm-Meter-Vorsatz Bauteiles. ..... DM 26,90
P.E.-Platine DM-c ..... DM 7,85
P.E.-Frontplatte FN-DM-c ..... DM 10,20
Würfeln m. Goliath Bauteiles. ..... DM 16,70
P.E.-Platine UD-c ..... DM 6,10
Elektonisches Tauziehen Bauteiles. ..... DM 49,90
P.E.-Platine EG-a ..... DM 14,25
Gehäuse TEKO P/3 ..... DM 5,90
Netzstecker-Stromversorgung 9 V ..... DM 12,50

Aus P.E.-Heft 8/78:
Infrarot-Empfänger Bauteilesort. ..... DM 48,80
P.E.-Platine IR-b ..... DM 11,80
Gehäuse Ormatu Typ BIM 2003 ..... DM 5,40
Gehäuse Amtron Typ KG-6-ST ..... DM 5,20
Infrarot-Sender Bauteilesort. ..... DM 22,90
P.E.-Platine IR-a ..... DM 5,90
Gehäuse Typ BIM 2003 ..... DM 5,40
Zener-Tester m. Meßinstrument ..... DM 42,90
P.E.-Platine ZT-a ..... DM 7,70
Frontplatte gebohrt und bedruckt ..... DM 17,80
Gehäuse TEKO 362 (Pult) ..... DM 8,75
H.E.L.P. Laborprint UP-a ..... DM 22,50

Aus P.E.-Heft 9/78:
Syndiatape Bauteiles. lt. Stückl. ..... DM 47,80
P.E.-Platine SY-a ..... DM 14,70
Gehäuse ..... DM 11,90
Schwesterblitz Bauteile lt. Stückl. ..... DM 26,90
P.E.-Platine FL-a ..... DM 4,50
Gehäuse 2/B ..... DM 3,35
Kontaktlose Relais Bauteiles. o. St. ..... DM 10,80
P.E.-Platine RY-a ..... DM 4,90

Aus P.E.-Heft 10-11/78:
Scheibenwischer Intervallschalter Baut. lt. Stückl. ..... DM 39,90
Platine WA-a ..... DM 11,10
Gehäuse mit Montageteilen ..... DM 6,90
Automatikzusatz incl. Platine RB-a ..... DM 16,50
Regensonde, Baut. lt. Stückliste ..... DM 11,90
Platine RB-a ..... DM 8,80
Gehäuse mit Montageteilen ..... DM 9,90
Auto-Akku-Lader Bauteile lt. Stückl. ..... DM 95,30
Platine AK-a ..... DM 11,10
Metall-Gehäuse ..... DM 34,90

NEU aus P.E.-Heft 12/78:
Power Blink-Zentrale Bauteiles. ..... DM 11,90
Platine KL-a ..... DM 6,90
Anpassungsverstärker Bauteiles. ..... DM 19,80
Platine BU-a ..... DM 6,40
Gehäuse TEKO 3/B ..... DM 3,90
MONITOR-VERST. Bauteilesatz ..... DM 44,90
2 x O.P.A. dazu Bauteilesatz ..... DM 17,80
2 x Platine OP-a ..... DM 10,70
Platine OP-b ..... DM 16,90
Stabilisiertes Netzteil 25 V/2,2 A ..... DM 58,90
Platine MA-a ..... DM 8,80
Unstab. Netzteil +/- 30 V/3,5 A ..... DM 66,30
Platine MA-b ..... DM 7,80
Komplett-Netzteil m. Montagemat. ..... DM 114,90

Aus P.E.-Heft 1/79:
Spannungsteiler mit Gehäuse ..... DM 9,70
Platine OP-C ..... DM 5,30
O.P.A. dazu mit Platine OP-a ..... DM 14,25
Anti-Lichtorgel Bauteiles. ..... DM 21,90
Platine LO-b ..... DM 6,25
Gehäuse mit Bauteilen zusätzl. ..... DM 16,80
Goliath-Steuereinheit Bauteilesort. ..... DM 25,90
Platine UD-d ..... DM 12,95
Goliath-Digitaluhr (4 Zähldekaden, Steuereinheit, Netzteil mit sämtl. Platinen) kpl. ..... DM 229,00
Gehäuse Acryl (wie Abb. in P.E.) ..... DM a.A.

Aus P.E.-Heft 2/79:
Mini-Midi (MW-Empf.) o. Batt. Bauteilesort. DM 28,90
Gehäuse TEKO P/2 ..... DM 4,40
Platine MR-a ..... DM 7,15
DC-Fuse (Überstrom-Sicherung) ..... DM 12,90
Platine EF-a ..... DM 8,25
Frequenzzähler 79 (o. Netzteil) ..... DM 198,00
Platine FZ-a ..... DM 23,75
Netzteil FZ-a ..... DM 59,70
Platine FZ-b ..... DM 17,00
Gehäuse 8009 geb. + bedr. ..... DM 39,95

Aus P.E.-Heft 3/79:
Goliath's Woche Bauteiles. ..... DM 12,90
Platine UD-e ..... DM 11,50
Rumpelfilter-Modul Bauteiles. ..... DM 23,90
Platine DF-a ..... DM 11,75
Frontplatte DF-a(pos. o. neg.) ..... DM 12,35
Eichspannungsquelle ESQ Baut. ..... DM 88,70
Platine ESQ ..... DM 12,20
Gehäuse m. geb. + bedr. Frontplatte ..... DM 29,90

Aus P.E.-Heft 4/79:
Puzzle-Verst. Endstufe (1 Kanal) ..... DM 32,90
Platine LV-a ..... DM 15,90
Durchgangsfester DUT .....
Durchgangstester DUT ..... DM 15,80
Platine DU-a ..... DM 4,00
Gehäuse Typ Prestige ..... DM 9,95
Universelle Triacsteuerung ..... DM 24,90
Platine LD-b ..... DM 4,95

Aus P.E.-Heft 5/79:
Mischpult Mikrof.-Kanal o. MV-a ..... DM 18,90
Mischpult Tape-Kanal Stereo ..... DM 19,00
Mischpult Tuner-Kanal Stereo ..... DM 19,00
Mischpult Entzerrer-Kanal Stereo o. MV-a ..... DM 18,80
Platine MV-b ..... DM 9,95
Frontplatte MV-b (pos. o. neg.) ..... DM 11,80
Universeller Vorverstärker m. Platine MV-a ..... DM 8,90
Relais-Pulser ..... DM 29,90
Platine TP-a ..... DM 6,60
Puzzle-Verstärker Netzteil m. Trafo ..... DM 57,60
Platine LV-c ..... DM 9,40

Aus P.E.-Heft 6/79:
Puzzle-Verstärker Einstell-Baustein ..... DM 34,60
Platine LV-b ..... DM
Frontplatte LV-b (pos. o. neg.) ..... DM 12,90
Modul-Netzgerät + 20 V/- 20 V/2x1 A ..... DM 57,90
Platine GV-g ..... DM
Dual-Netzteil + 15 V/- 15 V/2x1 A ..... DM 79,90
Platine GV-f ..... DM

Aus P.E.-Heft 7/79:
Balance/Panorama-Mischmodul ..... DM 17,90
Platine MV-c ..... DM 8,30
Frontplatte MV-c (pos. o. neg.) ..... DM 11,80
Junior-Netzgerät ..... DM 74,90
Platine GV-d ..... DM 14,70
Leistungsblinker 12 V ..... DM 18,70
Platine PB-9 ..... DM 6,95

Frontplatten, Platinen und Gehäuse immer extra wenn nicht anders angegeben. Preise und Angebote freibleibend

5012 Bedburg Morkenerstr. 20 · Tel. 02272 · 3294

Die »Alten«

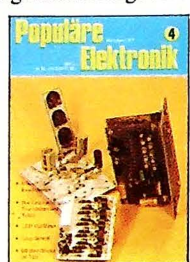
Ausgaben von **Populäre Elektronik** enthalten zahlreiche Baubesch[illegible] heute noch interessant sind.
Die nachfolgenden Ausgaben können noch geliefert werden.



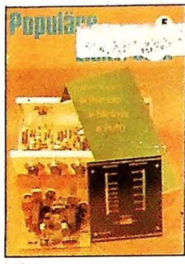
1/76 **FBI-Sirene** das Signalhorn der US-Polizei **Transitest** Halbleitertester mit einfachster Bedienung — **Electro-Toto-Würfel** Elektronik-Spiel



3/77 **50 Watt-Modul** als NF-Endverstärker der HiFi-Modulserie — **Die totale Uhr** Digitaluhr mit fast allen Möglichkeiten **Die Kassette im Auto**



4/77 **Codeschloß** mit leicht veränderbarem Code — **LED-VU-Meter** in Modultechnik — verschiedenfarbene LEDs zur Aussteuerungsanzeige (Stereo)



5/77 **Minimix** batterie-Mischpult 2xStereo, 1 x Mikro (mono) mit Panorama — **Tremolo** in Modultechnik — **Puffi** Eintransistor-Pufferstufe (Stereo)



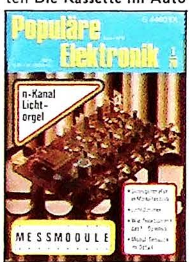
6/77 **Leslie** in Modultechnik Zusatz zum Tremolo-Modul — **Signal-Tracer** Kombination Signalspritze/Signalverfolger — **TV-Tonkoppler**



7/77 **TTL-Trainer** ein kleines Digital-Labor für den spielenden Einstieg in diese Technik — **Basisbreite** in Modultechnik mit Super-Stereo



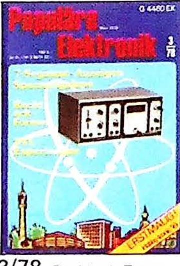
8/77 **Superspannungsquelle** Null bis 28 V/1,5 A Strombegrenzung — **Loudness-Filter** in Modultechnik — **Mini-Uhr mit Maxi-Display**



1/78 **Sinusgenerator** in **Modultechnik** das erste Meßplatz-Modul — **Die n-Kanal-Lichtorgel** beliebige Kanalzahl, **Lichtdimmer**



2/78 **Goliath - Display** Ziffernhöhe 38 mm — **Pausenkanal** für die n-Kanal-Lichtorgel — **Rauschfilter** in Modultechnik, mit 3 Eckfrequenzen



3/78 **Rechteck-Former** in Modultechnik, Zusatz zum Sinusgenerator — **Spannungslupe** Meßbereicherweiterung für Vielfachinstrumente



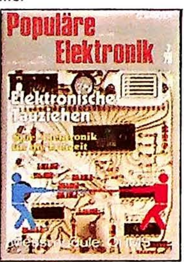
4/78 **O.P.A.** Operational Power Amplifier, **Snobby** Klatschschalter mit Programmsteuerung **Hall Modul Logic-Tester** zeigt H,L,O



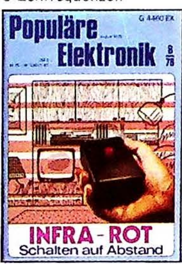
5/78 **Peace-Maker** Zahl/Adler-Zufallsgenerator — **Digital-Meter** zentrale Einheit im modularen Meßplatz — **DC-Volts** Zusatz zum Digital-Meter



6/78 **L.E.D.S.** Leuchtenüberwachung im Auto — **Einpunktsensor** erweiterungsfähiges System — **Digital-Analog-Timer** 1 Sekunde bis 2 Stunden



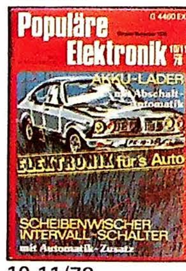
7/78 **Elektronisches Tauziehen** Reaktionstest als Zeitvertreib **OHMS** Widerstands- Meßzusatz zum Digital-Meter — **Würfeln mit Goliath**



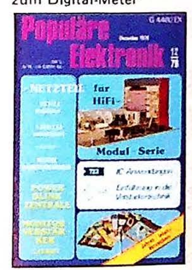
8/78 **Zener-Tester** für schnellen Z-Dioden-Test **H.E.L.P.** handlicher Experimentierprint **Infrarot-Sender** und **Infrarot-Empfänger**, störsicher



9/78 **Schwesterblitz** macht jedes Blitzgerät zum Zweitblitz-**Syndiatape** Diavertonung auf Kassette **Das kontaktlose Relais** Elektronik ersetzt Mechanik



10-11/78 **Intervallschalter** für den Scheibenwischer — **Automatik-Zusatz** startet den Schalter bei Regen **Auto-Akkulader** — **Regensonde** mit akustischem Signal



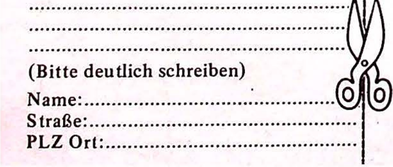
12/78 **Monitor-Verstärker** 2x3 Watt-**Zwischenverstärker** zur Pegelanpassung — **Power-Blinkzentrale** für Modellbau **Netzteil für HiFi-Module 25 V stab. + 30 V unstab.**

Populäre Elektronik
Abteilung Heftnachbestellung
Postfach 760264, 2000 Hamburg 76

Anz./Heft-Nr.:...
....
....
....
....
....
....
....

(Bitte deutlich schreiben)

Name:...
Straße:...
PLZ Ort:..



So wird bestellt:
Coupon ausfüllen,
DM 3,00 Heft
in Briefmarken,
bar oder
als V-Scheck
beilegen und alles an
nebenstehende
Adresse senden.

Nicht vergessen!

Die stabile und repräsentative Sammelmappe für Ihre älteren Ausgaben von **Populäre Elektronik**



Farbe: Rot, Preis: DM 10,80
Bitte benutzen Sie bei einer Bestellung ebenfalls den nebenstehenden Coupon und fügen DM 10,80 bei.